



**DANIEL MARTINELLI CHU**

**ROGÉRIO KIOSHI CANASHIRO**

**PROJETO MECÂNICO**  
**DE UMA**  
**MÁQUINA LANÇADORA DE BOLAS DE TÊNIS**

**Trabalho apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de  
São Paulo para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia.**

**São Paulo  
1998**

**DANIEL MARTINELLI CHU**  
**ROGÉRIO KIOSHI CANASHIRO**

**PROJETO MECÂNICO**  
**DE UMA**  
**MÁQUINA LANÇADORA DE BOLAS DE TÊNIS**

**Trabalho apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de  
São Paulo para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia.**

**Área de Concentração:  
Projeto e Fabricação**

**Orientador:  
Prof. Tarcísio Hess Coelho**

**São Paulo  
1998**

"Se você nunca erra o alvo  
é por que ele está perto demais."

*Este trabalho é dedicado aos nossos pais*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Profº. Dr. Tarcísio Hess Coelho pela orientação nos dada para a realização deste trabalho.

Ao Sr. Yoshiaki Ichihara e ao pessoal da academia de tênis PlayTennis Imarés por nos emprestar suas máquinas para análise e teste e por compartilhar suas impressões como proprietários.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para a execução deste trabalho.



# Índice

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>3</b>
1.1. O PROJETO .....	3
1.2. HISTÓRICO.....	4
1.3. CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	4
1.3.1. <i>A Influência dos Efeitos na Trajetória da Bola.....</i>	<i>5</i>
<b>2. ESTUDO DE VIABILIDADE .....</b>	<b>7</b>
2.1. ESTABELECIMENTO DAS NECESSIDADES.....	7
2.2. FORMULAÇÃO DO PROJETO.....	8
2.3. SÍNTESE DE POSSÍVEIS SOLUÇÕES .....	10
2.3.1. <i>Grupo Principal.....</i>	<i>11</i>
2.3.2. <i>Grupo Secundário.....</i>	<i>24</i>
2.3.3. <i>Grupo Opcional.....</i>	<i>31</i>
2.4. ESCOLHA DA MELHOR SOLUÇÃO .....	32
2.4.1. <i>Sistema de Lançamento.....</i>	<i>32</i>
2.4.2. <i>Sistema de Oscilação.....</i>	<i>34</i>
2.4.3. <i>Sistema de Controle.....</i>	<i>35</i>
2.4.4. <i>Acesso Remoto.....</i>	<i>36</i>
2.5. SOLUÇÃO ESCOLHIDA.....	37
<b>3. PROJETO BÁSICO .....</b>	<b>39</b>
3.1. PROJETO DO SISTEMA DE LANÇAMENTO.....	41
3.1.1. <i>Projeto da Câmara de Compressão.....</i>	<i>41</i>
3.1.2. <i>Dimensionamento do Compressor.....</i>	<i>41</i>
3.1.3. <i>Projeto da Tampa de Entrada da Câmara de Compressão.....</i>	<i>45</i>
3.1.4. <i>Projeto da Tampa de Saída da Câmara de Compressão.....</i>	<i>48</i>
3.2. PROJETO DO SISTEMA DE OSCILAÇÃO.....	49
3.2.1. <i>Dimensionamento do Mecanismo de Oscilação Horizontal.....</i>	<i>49</i>



---

3.2.1. Dimensionamento do Mecanismo de Oscilação Vertical .....	53
3.3. PROJETO DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO.....	57
3.4. PROJETO DO SISTEMA DE CONTROLE.....	57
3.4.1. Princípio de Funcionamento.....	58
3.4.2. Sistema de Controle dos Solenóides.....	58
3.5. PROJETO DA ESTRUTURA DE SUSTENTAÇÃO .....	62
3.6. PROJETO DO SISTEMA DE TRANSPORTE .....	62
3.7. ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA.....	63
<b>4. CONCLUSÃO.....</b>	<b>65</b>
<b>5. ANEXOS .....</b>	<b>66</b>
5.1. ILUSTRAÇÕES E VISTAS EXPLODIDAS DA MÁQUINA.....	67
5.2. DESENHOS DE CONJUNTO E DE FABRICAÇÃO .....	68
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>69</b>
6.1. OUTRAS FONTES .....	69
<b>7. APÊNDICE.....</b>	<b>71</b>
Catálogos de Fabricantes.....	71



# 1. INTRODUÇÃO

Este relatório foi elaborado para atender às disciplinas PMC 580 – Projeto Mecânico I e PMC 581 – Projeto Mecânico II. Assim, seu conteúdo se refere ao estudo de viabilidade e ao projeto básico, desenvolvidos no primeiro e segundo semestre de 1998 respectivamente

O objetivo deste trabalho é, além de possibilitar ao aluno fazer uso dos conhecimentos adquiridos durante sua formação como engenheiro, por em prática a metodologia que deve ser empregada no desenvolvimento de um projeto, independente de suas características particulares.

O resultado deste trabalho procura ser muito mais um desenvolvimento preliminar de um projeto, que a concepção final de um produto. Por não haver fabricantes nacionais deste tipo de equipamento para fornecer uma base maior de informação, limitações de tempo, recursos disponíveis e conhecimento, o projeto apresenta uma limitação de abrangência e detalhamento, mas que não compromete os objetivos a que foi proposto.

## 1.1. O Projeto

O projeto consiste no desenvolvimento de uma máquina de lançar bolas de tênis cuja intenção é simular as condições de uma partida de tênis real além de também possibilitar trabalhar um único golpe em particular por quanto tempo se desejar. A finalidade deste tipo de equipamento é aprimorar o desempenho de um jogador através da prática e do condicionamento.



## 1.2. Histórico

As máquinas lançadoras de bolas de tênis são muito populares tanto na Europa quanto nos Estados Unidos, principalmente nos Estados Unidos, onde o tênis é um esporte muito prestigiado e praticado por mais de 20 milhões de pessoas.

Aqui no Brasil, pelo fato do tênis ser um esporte ainda pouco difundido, este tipo de equipamento ainda não é muito conhecido, mas com a popularização do esporte este quadro tende a mudar. Com o tênis sendo levado mais a sério, como ele é em outros países e com um maior comprometimento das entidades responsáveis pelo esporte no país, é possível que no futuro o uso deste tipo de equipamento se difunda mais e os benefícios que esta máquina trás possam ser desfrutados por um número maior de praticantes de tênis.

## 1.3. Considerações Iniciais

Para uma compreensão melhor de alguns termos utilizados neste trabalho, segue uma breve explicação dos tipos de efeito que se é possível impor na bola de tênis e da influência desses efeitos na trajetória da bola.

São três as possibilidades de efeitos no tênis:

- efeito **topspin** - ocorre quando a cabeça da raquete se desloca de baixo para cima durante o impacto com a bola.
- efeito **backspin** ou **slice** - ocorre quando a cabeça da raquete se desloca de cima para baixo durante o impacto com a bola.





- efeito **sidespin** - ocorre quando a cabeça da raquete se desloca de um lado para outro durante o impacto com a bola.

Neste trabalho nos referiremos mais aos dois primeiros que são os mais importantes. No caso do sidespin, por a bola não estar girando na direção de seu deslocamento, o efeito não é muito sensível e não causa dificuldade ao rebatedor.

### 1.3.1. A Influência dos Efeitos na Trajetória da Bola

Quando a bola é lançada com efeito de um lado para outro da quadra, gera-se uma maior pressão em alguma parte da bola, com isso a bola tenderá a se deslocar na direção oposta.

Na bola com topspin essa pressão se dá na parte superior, de forma que a bola tenderá a cair mais rápido. Assim, uma bola com topspin pode ser lançada com mais força, uma vez que a bola atravessará o primeiro obstáculo (a rede) passando bem acima, e ainda assim cairá dentro da quadra. Este efeito permite ao jogador um golpe muito agressivo sem a perda do controle da bola. É muito utilizado como "**passing shot**" <sup>[1]</sup>, como uma bola de ataque, como uma maneira de baixar a bola aos pés do adversário que está **voleando** <sup>[2]</sup>, assim como também é utilizada para manter o adversário longe da rede.

---

<sup>[1]</sup> Golpe em que o jogador lança a bola fora do alcance do adversário, normalmente quando este se encontra próximo à rede.

<sup>[2]</sup> O voleio é realizado normalmente quando o jogador está próximo à rede e rebate a bola antes dela cair na quadra.



Na bola com slice a pressão se dá na parte inferior, e portanto a bola tenderá a demorar mais para cair. Este efeito é muito versátil e pode ser utilizado tanto para defesa quanto para o ataque. Como a bola de slice permanece no ar mais do que qualquer outra, ela é muito útil quando por alguma circunstância do jogo, o jogador se encontra mal posicionado na quadra e necessita de mais tempo para se reposicionar. Também é uma boa escolha de golpe quando se deseja subir a rede para volear, uma vez que a tendência da bola com slice é de subir menos após o pique, dificultando assim a devolução. Além disso, é muito utilizada para mudar o ritmo do jogo e quebrar a concentração do adversário.



## 2. ESTUDO DE VIABILIDADE

### 2.1. Estabelecimento das Necessidades

Em nenhuma época história da humanidade viu-se desenvolvimento tão grande no campo esportivo como agora. Como se explica as inúmeras quebras de records e o surgimento de tantos novos talentos nas mais diversas modalidades nas últimas décadas? Será que esta evolução do desempenho no esporte é compatível com a evolução da fisiologia humana? A trinta anos atrás a velocidade do saque mais veloz do tênis profissional era de 120 km/h. Hoje em dia, alguns jogadores conseguem sacar a velocidades superiores a 230 km/h. <sup>[3]</sup>

Na verdade, esta evolução é resultado do melhor preparo físico, técnico e psicológico dos atletas de hoje e do surgimento de melhorias nos equipamentos esportivos. Quanto ao desenvolvimento psicológico, ainda não foi inventada nenhuma máquina capaz de ajudar. Por outro lado, o desenvolvimento observado nos desempenhos físico e técnico é decorrente dentre vários fatores, do surgimento de novos métodos e equipamentos de treinamento. E foi com este intuito que começou-se a se pensar em máquinas como a que pretendemos projetar. Depois que os atletas começaram a utilizar as ferramentas que a ciência oferece, o que se observou foi revolução drástica na história do esporte.

---

<sup>[3]</sup> O saque mais veloz do mundo foi desferido por Greg Rusedski que atingiu uma velocidade de 235 km/h. Um ace mais rápido do que a velocidade máxima de qualquer carro fabricado no Brasil. O mais



A máquina lançadora de bolas pode ser uma ferramenta muito produtiva tanto para iniciantes quanto para jogadores experientes. Por esta razão, nos Estados Unidos é um equipamento facilmente encontrado em clubes, academias de tênis, escolas, resorts e mesmo em quadras particulares.

## 2.2 Formulação do Projeto

Para a satisfação da necessidade, a máquina deverá atender aos seguintes requisitos:

- Lançar bolas de tênis de qualquer marca<sup>[4]</sup> dentro de uma faixa de velocidade compatível com a velocidade obtida por um jogador humano desferindo todos os tipos de golpes possíveis, com exceção do saque. Ou seja, a máquina deve ser capaz de lançar com a velocidade de um drive<sup>[5]</sup> de fundo da quadra, com a velocidade de um lob<sup>[7]</sup> e com a velocidade de um drop shot.<sup>[8]</sup>
- Lançar as bolas de tênis com as principais variações de efeito possíveis (topspin e backspin) e também sem efeito nenhum.<sup>[9]</sup>

---

impressionante na obtenção do novo saque recordista de Rusedski é que, antes desse ace a 235 km/h, ele deu um saque a 232 km/h, mas seu adversário, o sueco Thomas Enqvist devolveu!

<sup>[4]</sup> Existem diferenças dimensionais, de pressão e de material de fabricante para fabricante, além disso, existem tipos de bolas diferentes para cada tipo de superfície.

<sup>[5]</sup> Um drive de fundo de quadra é uma batida de fundo de quadra que tanto pode ser de esquerda quanto de direita. É o golpe fundamental do tênis.

<sup>[7]</sup> O lob é um golpe em que a bola é lançada por cima do adversário quando este se encontra próximo da rede. A bola deve ser lançada com uma velocidade inferior a do drive, porém com um ângulo maior em relação ao plano da quadra.

<sup>[8]</sup> Drop shot ou “deixadinha” como também é chamado é um golpe em bola é lançada muito próxima da rede, a uma altura não muito elevada, com o intuito de fazer o adversário se deslocar para frente ou mesmo para colocar fora de seu alcance.

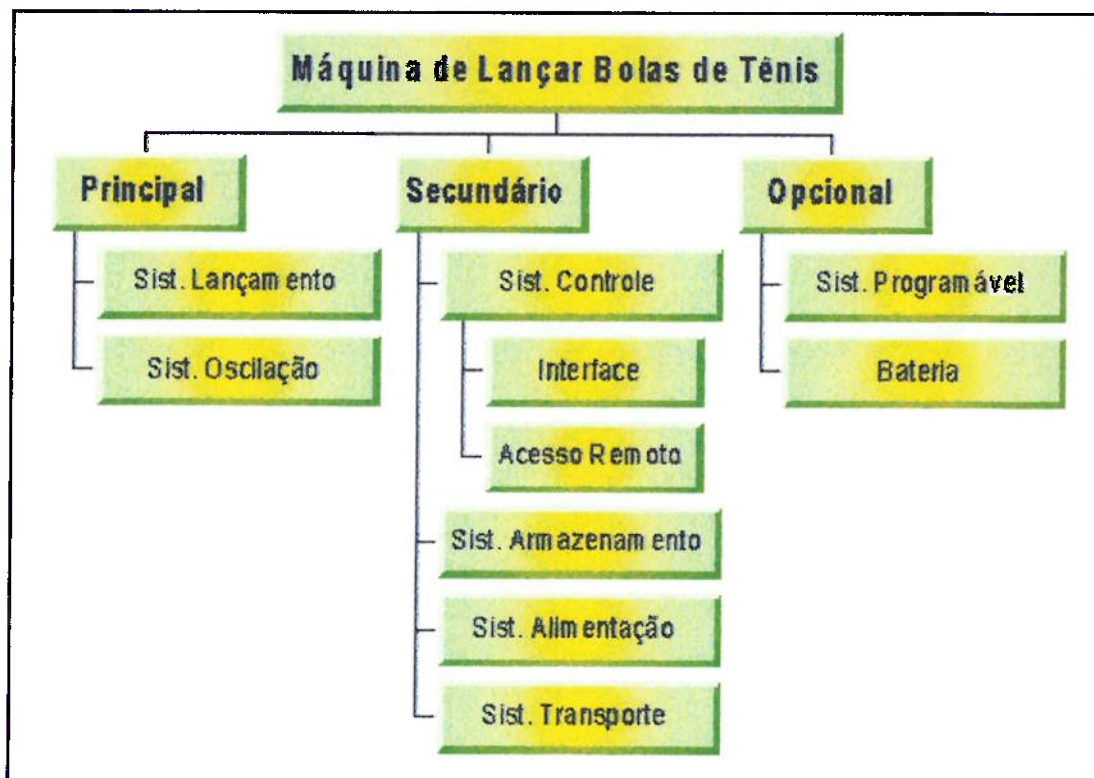
<sup>[9]</sup> Em uma partida de tênis a grande maioria das bolas são lançadas com algum destes tipos de efeito.



- Lançar as bolas de tênis em intervalos de tempo que sejam compatíveis tanto com o tempo que a bola demora para realizar o percurso de ida e de volta (a fim de simular as condições reais de jogo) quanto com um intervalo de tempo que seja interessante para algum tipo de treinamento específico. Por exemplo, é interessante que a máquina seja capaz de lançar as bolas com um intervalo de tempo que torne possível que entre uma bola e outra um instrutor faça alguma correção de eventuais falhas na mecânica do movimento ou falhas de posicionamento. Os intervalos de tempo ideais seriam de 3, 6 e 12 segundos.
- Lançar as bolas de tênis em direções que podem variar tanto horizontalmente quanto verticalmente, alcançando todas as regiões da quadra adversária.
- Ter uma capacidade de armazenamento de bolas de tênis que possibilite um tempo de funcionamento ininterrupto razoável (pelo menos 5 minutos), sem comprometer a sua portabilidade.
- Apresentar um sistema que possibilite a operação de pelo menos as funções básicas da máquina por alguém que esteja do outro lado da quadra. A relevância de um sistema desse tipo, está no fato do operador não precisar atravessar a quadra toda vez que ele desejar por exemplo desligar a máquina.
- Apresentar facilidade de manutenção.
- Vida útil de 5 anos.

## 2.3. Síntese de Possíveis Soluções

Uma máquina de lançar bolas de tênis pode ser entendida como um conjunto de subsistemas, de forma que, para fazer uma análise mais clara e objetiva, separou-se esses subsistemas em três grupos: **principal**, **secundário** e **opcional**.



Fazem parte do grupo principal, o sistema de lançamento de bolas e o sistema de oscilação. Do grupo secundário, fazem parte o sistema de alimentação de bolas, o sistema de controle e interface, o sistema de acesso remoto à máquina, o sistema de armazenamento de bolas e o sistema de transporte da máquina. Por último, temos o grupo dos sistemas opcionais do qual fazem parte o sistema programável de lançamento e o sistema de baterias recarregáveis.



Será estudado primeiramente as possíveis soluções para os subsistemas do grupo principal e secundário, para então ser realizada uma análise comparativa das soluções e assim se chegar a uma solução para o sistema como um todo. Em seguida serão discutidas as características de cada item do grupo opcional.

### **2.3.1. Grupo Principal**

#### **Sistema de Lançamento de Bola**

No mercado encontra-se disponíveis basicamente dois tipos de máquinas, que diferem principalmente na maneira de lançar as bolas. O primeiro tipo utiliza o ar comprimido para arremessar as bolas. É chamado de sistema pneumático de lançamento. O segundo tipo utiliza rodas para lançar as bolas. É chamado de sistema de rodas rotativas.

Existem algumas máquinas que utilizam um “martelo” para bater a bola, e vários outros projetos com molas também foram desenvolvidos, porém a performance destas máquinas é muito limitada. De forma que será estudado apenas as os dois primeiros tipos.

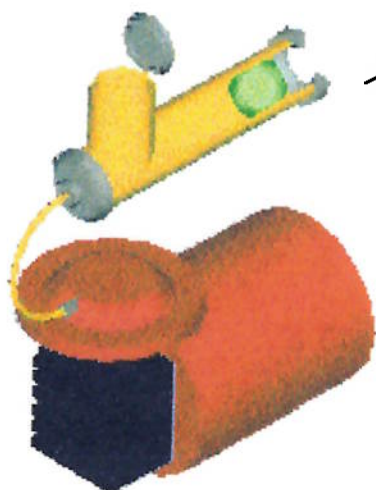
Qualquer que seja a solução encontrada, é crucial dimensionar a máquina de forma a se obter uma velocidade máxima elevada. As razões para isto são várias:

- À medida que o jogador se desenvolve, maiores velocidades são requeridas para manter uma prática desafiadora;



- Voleios de reflexo requerem velocidades mais altas do que bolas rebatidas no chão.
- Jogadores competitivos requerem velocidades muito altas para simular oponentes com batidas fortes.
- Uma máquina que atinge pouca velocidade está condenada a ser rapidamente deixada de lado por seu usuário.

### Solução 1: Sistema de Lançamento Pneumático



#### ➔ a) Princípio de Funcionamento

O sistema pneumático, utiliza o ar comprimido fornecido por um compressor para lançar as bolas de tênis. Funciona da seguinte forma: o ar comprimido é lançado dentro de uma câmara de compressão, que consiste de um tubo de diâmetro interno um pouco maior que o diâmetro da bola com duas entradas, uma para o ar comprimido e outra para as bolas e uma saída para as bolas na extremidade oposta do tubo. O ar comprimido empurra a bola até a outra extremidade do tubo. Um colarinho posicionado nesta extremidade do tubo impede a passagem da bola até o momento de lançamento.

#### a.1) Spin

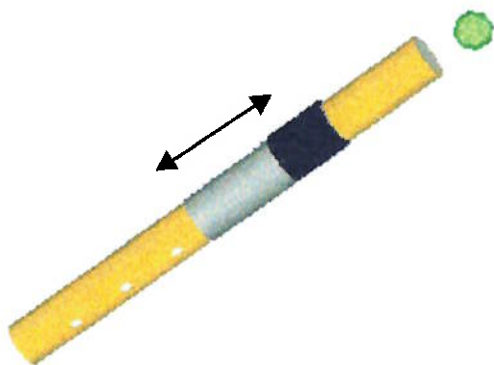
As máquinas pneumáticas lançam as bolas sem nenhum sentido preferencial de rotação. Para impor "spin" na bola, utiliza-se o atrito, que pode ser gerado



por uma palheta defletora na extremidade no canhão direcionador ou por uma superfície de contato no interior do mesmo.

### **a.2) Velocidade**

Uma maneira simples de variar a velocidade de lançamento das bolas é reduzir a ação da pressão do ar sobre a bola. Uma forma de se obter este resultado é fazer uso de canhões de direcionamento de comprimentos variados. Desta maneira, pode-se variar o tempo de ação da pressão fornecida pelo compressor.



Uma outra forma de variar a pressão é através de pequenos furos ao longo do canhão de

direcionamento. Desta forma, a pressão que atua sobre a bola vai decaindo conforme a bola vai passando ao longo do canhão.

A ação conjunta das duas alternativas cobre toda a variação requerida na especificação do projeto, porém não permitem um controle automatizado, que pode ser conseguido utilizando-se uma válvula reguladora comandada eletricamente na saída do compressor.

### **b) Exequibilidade Física**

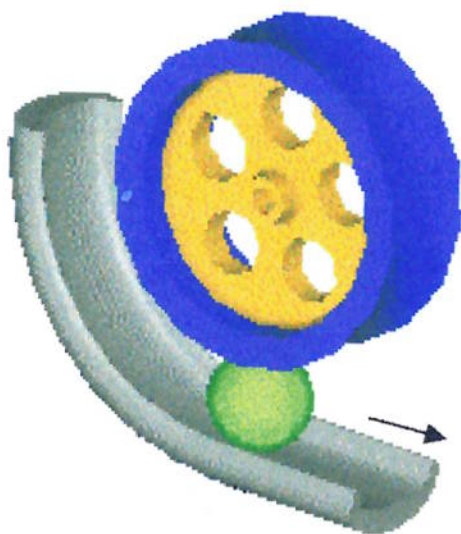
A solução em questão, consiste basicamente do compressor de ar, da câmara de compressão, do canhão direcionador, do colarinho e da palheta defletora para impor o "spin". Tanto a câmara de compressão quanto o canhão

direcionador podem ser facilmente executados em tubos de PVC. O colarinho consiste de uma braçadeira e de um mecanismo para abertura e fechamento. A palheta defletora consiste de uma lâmina metálica à extremidade do canhão direcionador. A superfície da lâmina que entra em contato com as bolas é revestida com um material de coeficiente de atrito elevado.

Com exceção do compressor todos os demais itens são de baixo custo, portanto, o custo do sistema depende essencialmente do compressor escolhido.

## **Solução 2: Sistema de Lançamento com uma Roda Rotativa**

### ***a ) Princípio de Funcionamento***



O sistema consiste de uma roda que permanece girando durante todo o tempo que a máquina está em operação e uma canaleta. As bolas de tênis, provenientes do sistema de alimentação (que será descrito mais adiante) passam por um tubo que termina no início da canaleta onde as bolas de tênis, durante o intervalo de tempo que ficam em contato com a roda, adquirem a velocidade tangencial da roda e são então lançadas.

#### ***a.1 ) Spin***



Este mecanismo já lança a bola naturalmente com efeito. Na posição em que ele está representado na figura, a bola será lançada com efeito topspin, e como este é o efeito mais importante, esta posição (com a canaleta por baixo da roda) é a mais indicada para este sistema.

Como uma única opção de efeito não atende aos requisitos do projeto seria necessária ainda a utilização de um defletor na saída da canaleta para possibilitar outro tipo de efeito.

### **a.2 ) Velocidade**

A variação de velocidade pode se dar de duas maneiras:

- **continuamente:** utilizando-se um inversor de frequência;
- **discretamente:** através de um sistema de câmbio.

### **b) Exequibilidade Física**

Tanto neste sistema, quanto no sistema de duas rodas, o item mais importante a ser levado em consideração é o atrito entre a superfície da roda e a bola, visto que a força de atrito é a responsável pela impulsão da bola. Portanto, é necessário que a superfície da roda seja recoberta por um material de coeficiente de atrito elevado.

Uma boa opção é recobrir a roda com borracha. Para aumentar a superfície de contato da bola com a roda, a superfície da roda em vez de plana, pode ser abaulada.

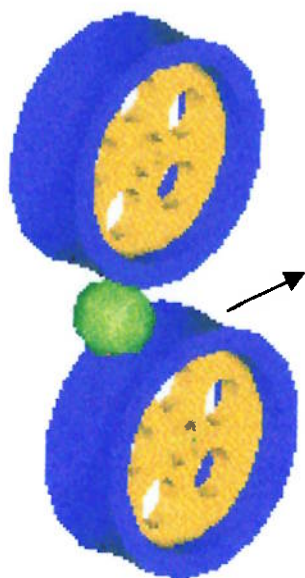
O sistema conta ainda com:

- Canaleta: confeccionada em madeira ou plástico;
- Motor acionador que deve ser conectado a algum dos sistemas variadores de velocidade anteriormente descritos;

- Defletores na saída do sistema de lançamento para impor efeito na bola. Podem ser de plástico. O ajuste pode ser manual ou pelo sistema de controle. Neste caso, torna-se necessário o uso de algum tipo de sistema de acionamento para alterar a posição dos defletores.

### **Solução 3: Sistema de Lançamento por Rodas Rotativas**

#### **a ) Princípio de Funcionamento**



O sistema consiste de duas rodas que giram em direções opostas e tem um

espaço entre elas um pouco menor que o diâmetro da bola. As bolas rolam por um conduto e são comprimidas pelas rodas rotativas que então a ejetam.

#### **a.1 ) Spin**

Máquinas com 2 rodas rotativas colocam “spin” na bola variando-se a velocidade relativa das rodas. Para gerar os efeitos topspin e backspin, é necessário que as rodas estejam posicionadas na vertical. Quando a roda de cima gira mais rápido que a de baixo, a bola é ejetada com topspin. Quando a de baixo gira mais rápido que a de cima, a bola é ejetada com backspin.



Quando giram à mesma velocidade, a máquina arremessa uma bola chapada<sup>[10]</sup>.

Colocando-se as rodas no plano horizontal, pode-se ter sidespin mas não topspin ou backspin. Como o sidespin é um efeito pouco sensível no tênis, desconsideraremos essa possibilidade.

### **a.2) Velocidade**

Para colocar spin na bola, a máquina precisa variar a velocidade de uma das rodas propulsoras em relação à outra, e isto reduz a velocidade máxima de lançamento proporcionalmente.

A variação de velocidade pode ser conseguida da mesma forma que na solução 2:

Variar continuamente utilizando-se um inversor de frequência. Pode-se utilizar um inversor de frequência para cada um dos motores (cada roda esta acoplada a um motor), ou, uma forma mais barata é manter em uma das rodas uma velocidade de rotação constante intermediária e utilizar um inversor de frequência para variar a velocidade da outra roda entre valores de velocidade inferiores e superiores a da outra roda. Esta solução implica em algumas restrições quanto a variação de velocidade.

Variar discretamente com o uso de um sistema de câmbio.

### **b) Exequibilidade Física**

Similar ao sistema de uma roda, só que uma restrição maior ao espaço ocupado por seus componentes, visto que este sistema, apesar de contar com

---

<sup>[10]</sup> Uma bola é chapada quando é desferida sem efeito.



duas rodas motoras não deve ocupar um espaço muito maior que o da solução anterior.

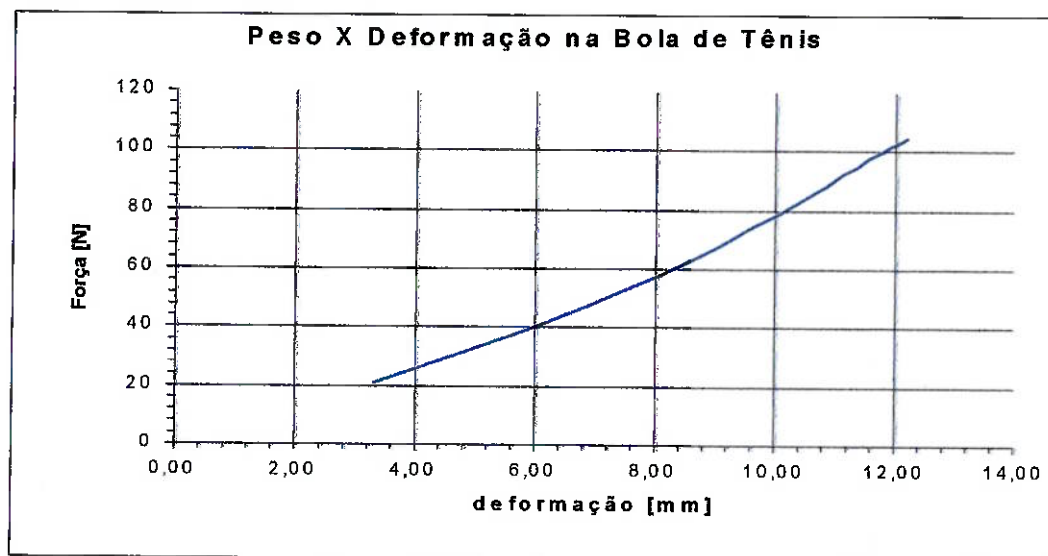
### ***b.1) Pré Projeto do Sistema de Rodas***

Para projetar o sistema de rodas é necessário calcular a força elástica da bola de tênis quando submetida à compressão que ocorre quando ela passa no meio das duas rodas. Assim sendo, realizou-se um ensaio de compressão em bolas de tênis no Laboratório de Medição de Grandezas Mecânicas sob a orientação do professor Walter Alves.

O resultado obtido está descrito na tabela e no gráfico a seguir:

<b>carga</b>	<b>ensaio 1</b>	<b>ensaio 2</b>	<b>ensaio 3</b>	<b>deform. média</b>	<b>diâmetro final</b>
<b>[N]</b>	<b>[mm]</b>	<b>[mm]</b>	<b>[mm]</b>	<b>[mm]</b>	<b>[mm]</b>
<b>0</b>	0	0	0	0	63,5
<b>21</b>	4	3	2,75	3,25	60,25
<b>42</b>	7,5	5,5	5,6	6,20	57,30
<b>63</b>	9,75	7,5	8,4	8,55	54,95
<b>84</b>	11,5	9,6	10,25	10,45	53,05
<b>97,5</b>	12,8	10,4	11,4	11,53	51,97
<b>104,5</b>	13,1	11	12,4	12,17	51,33



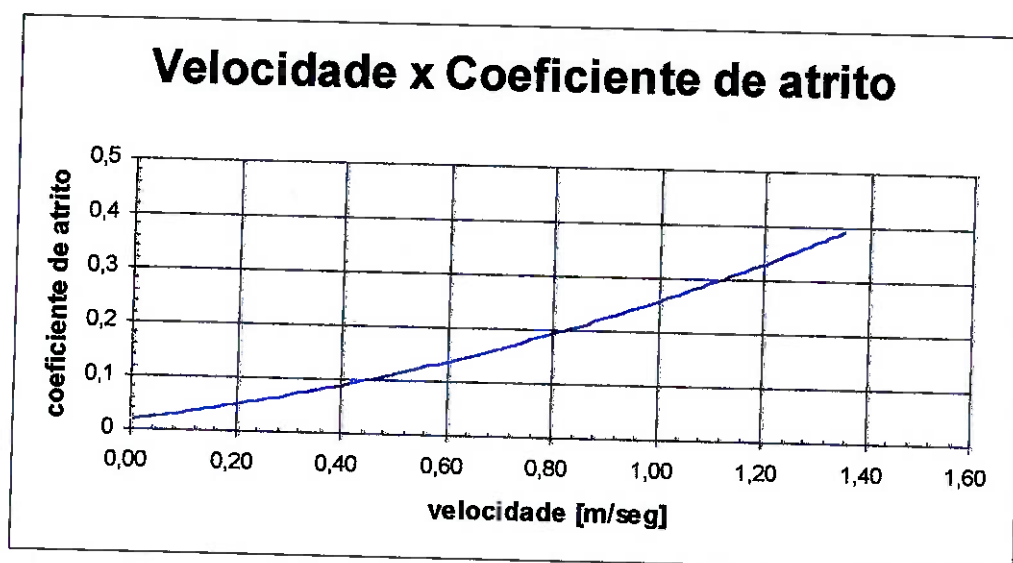


Um outro ensaio foi realizado, desta vez no Laboratório de Desgaste sob a supervisão do aluno de pós-graduação Carlos Henrique, para estimar o coeficiente de atrito entre a bola de tênis e a superfície da roda, no caso de borracha, para que a força de atrito, responsável pelo impulso da bola, seja máxima.

Tentou-se neste ensaio, aproximar ao máximo as condições de ensaio às condições reais de operação da máquina. Desta forma, a melhor estimativa obtida pode ser verificada no gráfico abaixo:

Condições do ensaio: carregamento = 2,5N

temperatura = 20°C



Assim, estimou-se que coeficiente de atrito na condição real é algo em torno de 0,4. Este valor do coeficiente de atrito é fundamental no dimensionamento dos componentes dos sistemas que funcionam com o princípio de rodas rotativas.

## Sistema de Oscilação

### **a. Definições:**

Os itens a.1 e a.2 que se seguem explicam como são os sistemas de oscilação das máquinas existentes no mercado atualmente .

#### **a.1. O Que é o Oscilador?**

Um oscilador é um mecanismo que permite à máquina lançar bolas em diferentes direções na quadra. O tipo mais comum de oscilador é capaz de lançar bolas aleatoriamente em diferentes e inesperados locais para simular um jogo com o oponente, assim como lançá-las variando apenas a oscilação em uma direção (horizontal ou vertical).





### **a.2. O Que é um Oscilador Programável?**

Um oscilador programável possibilita programar o lançamento da bola em lugares específicos. Algumas máquinas com osciladores programáveis permitem ao usuário selecionar o tipo de efeito para cada uma das bolas. No modo programável, a máquina repete seguidamente a mesma sequência de lançamentos.

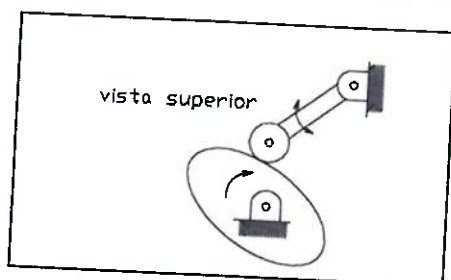
### **b. A Necessidade de um Oscilador**

Nas máquinas lançadoras de bolas de tênis, há a necessidade de que a bola seja lançada em direções distintas quando forem feitos os disparos, a fim de que o usuário sinta-se como numa verdadeira partida de tênis, quando estiver jogando. Para isto, um sistema oscilador será utilizado a fim de proporcionar tal performance.

### **c. Exequibilidade Física**

O sistema de oscilação terá uma exequibilidade física muito simples, pois é um sistema que em que não é exigido um grande esforço. Deve ser executado em material leve como plástico ou alumínio.

### **Solução 1: Mecanismo de Camo - Seguidor**

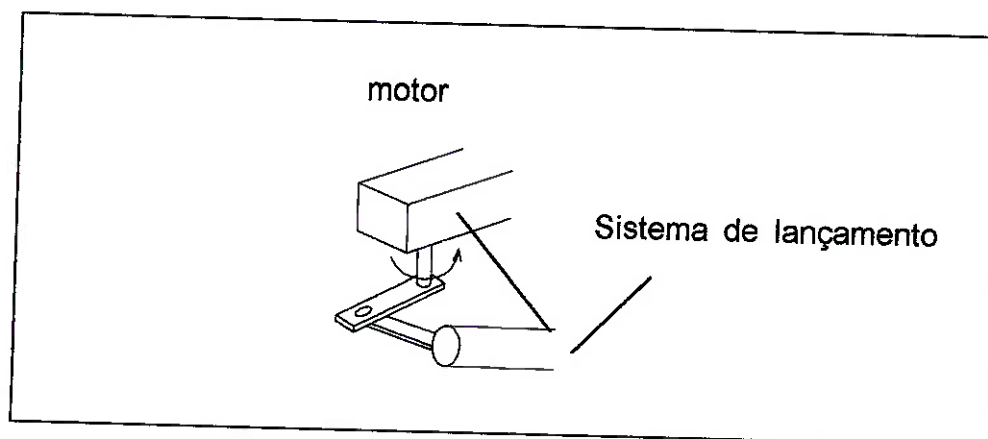


Nesta solução um mecanismo camo-seguidor é utilizado. Um motor move o camo girando-o,

e então um seguidor move o sistema de lançamento. A oscilação será realizada na direção horizontal. A direção vertical poderá ser fixada manualmente, modificando assim o ângulo de saída com que a bola sairá em relação ao plano do chão.

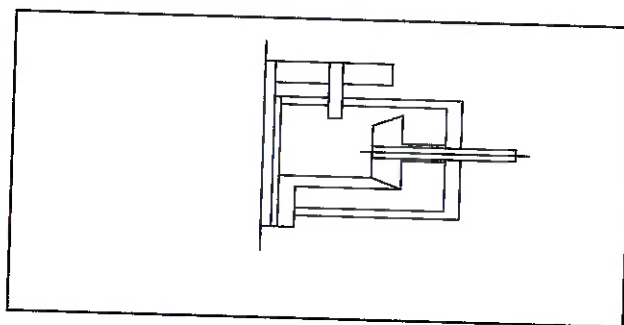
### **Solução 2: Mecanismo de Quadrilátero Articulado**

Este sistema utiliza um mecanismo diferente para fazer a oscilação no sistema. O eixo do motor que gera o movimento de oscilação é ligado à estrutura através de barras articuladas.



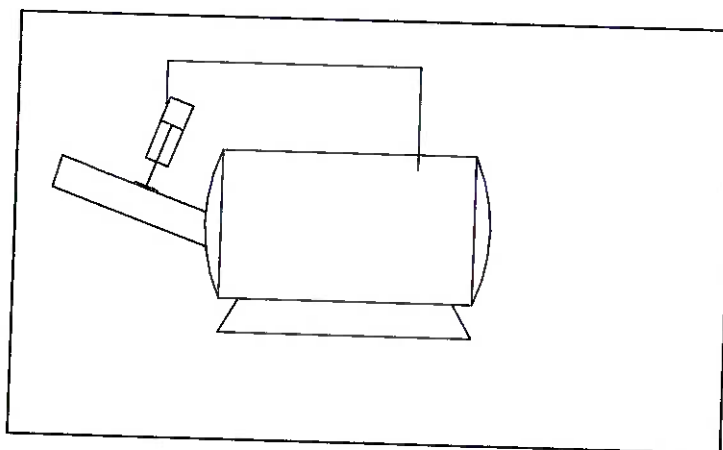
### **Solução 3: Mecanismo de Engrenagem e Parafuso Sem Fim**

Nesta solução uma engrenagem helicoidal é acoplada diretamente ao eixo do motor. Esta engrenagem move uma outra engrenagem disposta perpendicularmente à esta. Esta segunda por sua vez move um parafuso sem fim responsável pela oscilação.



#### **Solução 4: Pistão Pneumático**

Esta solução só é viável quando aplicada ao sistema pneumático de lançamento, pois beneficia-se do uso do ar comprimido fornecido pelo compressor, fazendo com que o mesmo movimente os pistões que realizam a oscilação.



#### **Solução 5: Pistão Hidráulico**

Nesta solução uma bomba hidráulica fornece vazão de óleo para movimentar os pistões responsáveis pela oscilação que estão ligados ao sistema de lançamento. Esta solução é mais voltada ao sistema de rodas rotativas, já que



para o sistema pneumático se pode aproveitar o ar do compressor. O princípio de funcionamento de ambas as soluções é o mesmo.

### **Solução 6: Ajuste Vertical Manual**

Para o sistema que se baseia em rodas rotativas, o controle de oscilação vertical é feito regulando-se a altura dos pés de apoio da estrutura. Variando o comprimento dos pés traseiros, pode-se assim inclinar toda a estrutura da máquina controlando o ângulo de lançamento da bola e assim lançá-la à alturas distintas. A oscilação horizontal pode ser feita através de um dos sistemas descritos anteriormente. Esta solução restringe o posicionamento vertical a um ajuste manual apenas.

### **Solução 7: Acionamento Combinado**

Ainda para o sistema que se baseia em rodas rotativas, a oscilação é feita da seguinte forma: fixado na estrutura da máquina está um dos motores acionadores responsável pela oscilação de uma outra estrutura em uma das direções. Nesta outra estrutura está afixado o outro motor acionador. Combinando a ação conjunta dos dois acionadores tem-se um movimento de oscilação nas duas direções.

## **2.3.2. Grupo Secundário**



## **Sistemas de Controle**

### **1. Controle de Oscilação**

Na máquina lançadora de bolas se faz necessário um controle do sistema de oscilação, seja para controlar um sistema não programável, onde apenas se deseja determinar as direções de oscilação (ou seja, se a máquina vai operar oscilando apenas na horizontal ou na vertical também), quanto um sistema programável de posicionamento, onde vai interessar também a sequência de lançamentos.

Para satisfação da necessidade, o sistema de oscilação deve:

- Permitir fácil interface com o usuário;
- Fazer com que a bola seja lançada na posição e na velocidade desejada.

#### **Solução 1:**

Utilizando motores elétricos trifásicos, faz-se um acoplamento deste a um mecanismo de transmissão de movimento (camo-seguidor, quadrilátero, etc), que transforma o movimento de rotação do motor em um movimento de oscilação angular, fazendo com que os disparos saiam aleatoriamente, em posições não definidas, uma vez que é difícil fazer um controle de posição preciso com esse tipo de motorização.

O controle então se restringe apenas a um sistema ON/OFF independente para cada direção de oscilação.

**Solução 2:**

Esta solução apresenta um diferencial quanto ao sistema de acionamento do movimento. Ao invés de motores elétricos normais, se utiliza de motores de passo programáveis que possibilitam um controle preciso da posição de onde será disparada a bola de tênis, possibilitando desta forma implementar um sistema programável.

Para a programação destes motores, utiliza-se um sistema CLP (Controle Lógico Programável), de modo que o sistema lance as bolas numa sequência de posições determinada.

**2. Sistema de Acesso Remoto**

Para maior comodidade do jogador, um sistema de acesso remoto se faz necessário para ligar/desligar a máquina.

Para satisfação desta necessidade, o sistema deve:

- Permitir fácil interface com o usuário;
- Possibilitar que o usuário consiga acionar a máquina do outro lado da quadra.

**Solução 1: Controle Remoto****a) Princípio de Funcionamento**

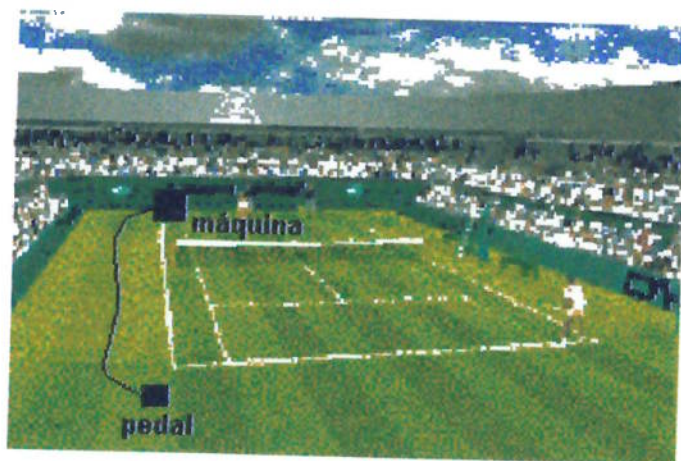
Utilizando um controle remoto eletrônico, executam-se as operações de liga/desliga da máquina, e também controla-se a posição de lançamento das bolas, assim como o modo de oscilação. Este sistema também permite controlar um sistema programável de lançamento.

### ***b) Exequibilidade Física***

O sistema consiste de um controle remoto comum, porém de dimensões menores e mais leve, a fim de possa ser facilmente carregado no bolso do usuário enquanto este estiver praticando.

## **Solução 2: Sistema De Acionamento Por Pedal**

### ***a) Princípio de Funcionamento***



Nesta solução, uma “mangueira flexível” que se prolonga por toda a extensão da quadra tem, em uma de suas extremidades, um pedal. Quando do

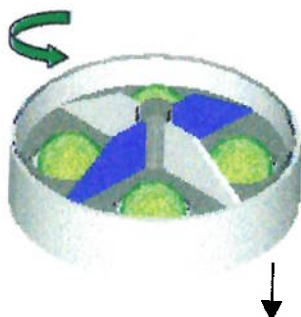
acionamento deste pedal, há um acionamento pneumático que faz com que uma outra válvula ( localizada na outra extremidade da mangueira) converta a ação pneumática em elétrica, desligando (ou ligando ) a máquina.

### ***b) Exequibilidade Física***

A mangueira citada é construída em plástico, de comprimento em torno de 30 metros, de forma que o pedal possa ser colocado no fundo da quadra, sendo que o pedal bombeia ar através da mangueira. A válvula referida pode ser construída através de sensores, fazendo assim o comutador de ação pneumática em elétrica.

## **2. Sistema de Alimentação**

### **Solução Única:**



#### ***a) Princípio de Funcionamento***

Uma maneira simples de alimentar com bolas o sistema de lançamento é através do sistema ilustrado ao lado. Este sistema fica localizado no fundo da cesta onde estão armazenadas as bolas.

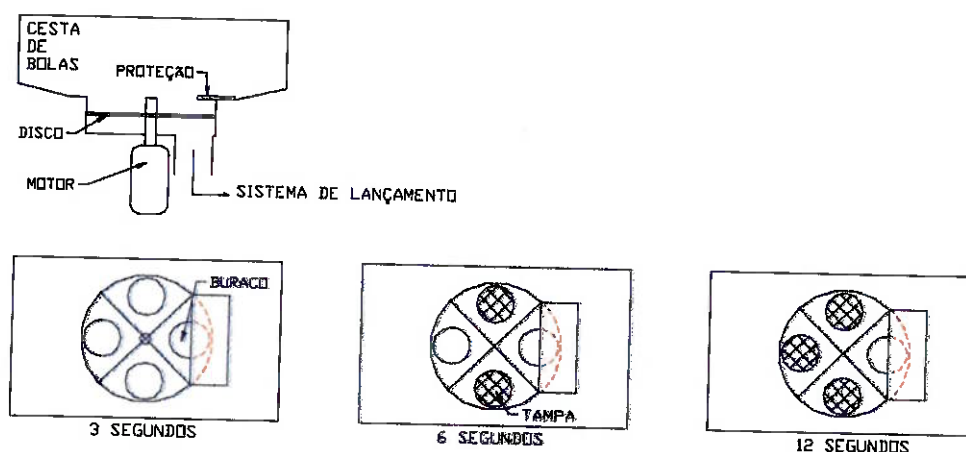
O funcionamento se dá da seguinte maneira:

- um disco com os quatro furos onde estão localizadas as bolas gira em torno do seu eixo;
- como o sistema está localizado no fundo da cesta, mais bolas ficam em cima do disco, mas apenas uma encaixa em cada um dos quatro furos;



- em baixo do disco existe uma abertura por onde a bola passa para então ser lançada pelo sistema de lançamento. Esta abertura se localiza na posição indicada pela seta vertical;
- acima desta abertura, numa posição acima da superfície superior da bola existe uma proteção que impede que mais bolas que estejam por cima caiam também, de tal forma que a próxima bola a cair será a que está no furo adjacente do disco.

Para atender o requisito de projeto de lançar bolas a cada 3 segundos, o disco deve girar a uma rotação de 5 rpm. Assim, realizará uma volta completa em 12 segundos permitindo neste intervalo a entrada de 4 bolas no sistema de lançamento. Para lançar bolas a cada 6 segundos mantendo a mesma rotação, basta tampar dois furos diametralmente opostos do disco. E para lançar uma bola a cada 12 segundos, basta deixar apenas um dos quatro furos descoberto, como mostra a figura a seguir:



## b) Exequibilidade Física



O sistema consiste de um disco perfurado confeccionado em plástico e que deve ser acionado por um motor.

## **Sistema de Armazenamento**

### **a) Descrição**

O sistema de armazenamento de bolas consiste de uma cesta localizada na parte superior da máquina (conforme mostrado na figura acima) onde são depositadas as bolas.

### **b) Exequibilidade Física**

A cesta para ser leve e para combinar com a estrutura restante da máquina deve ser confeccionada em material plástico, e deve ter dimensões tais que acomodem um número tal de bolas que permita um tempo mínimo de funcionamento de 5 minutos. Considerando a situação mais crítica em que a frequência de lançamento é de uma bola a cada 3 segundos, então:

$$\text{Total de bolas} = \frac{5 \times 60}{3} = 100 \text{ bolas}$$

Portanto, a cesta deve ser capaz de armazenar um volume de:

$$V_{\text{cesta}} = 100 \times V_{\text{bola}}$$

$$V_{\text{bola}} \approx \phi_{\text{bola}}^3 = (6.35)^3 \text{ cm}^3 = 256 \text{ cm}^3$$



### **2.3.3. Grupo Opcional**

#### **Sistema Programável**

##### **Controle de Velocidade**

###### **Solução 1:**

Implementar um controle programável compatível com os mecanismos de controle de velocidade de lançamento descritos para o sistema de lançamento.

###### **Solução 2:**

Não implementar um sistema de controle programável para velocidade. Ou seja, não utilizando a válvula reguladora na saída do compressor e realizando apenas o controle manual da velocidade através do uso de tubos perfurados e de tamanhos variáveis.

#### **Sistema de Baterias**

##### **Solução 1: Baterias Recarregáveis**

Esta solução utiliza baterias recarregáveis seladas (para que não vazem). Fornece até 14 Amp/hora, sendo que podem ser recarregadas em fontes de tensão.



### **Solução 2: Máquinas AC (sem bateria)**

Uma máquina AC é uma máquina que pode somente funcionar em corrente alternada (110/220 V). Tais máquinas não contém baterias e somente podem ser usadas quando uma fonte elétrica está disponível. Donos de quadras particulares e clubes preferem estas máquinas porque podem usá-las sem se preocupar com baterias. Estas máquinas custam um pouco mais do que as que têm baterias de similar performance. O conversor AC é colocado dentro da máquina, e a máquina permanece completamente portátil.

### **Solução 3: Máquinas AC/DC**

Uma máquina AC-DC contém baterias mas é construída para também receber um adaptador para uso com corrente de casa. No caso de alguns fabricantes, o conversor consiste de uma unidade "hand-carried" que é carregada separadamente da máquina. A máquina pode operar por suas baterias internas ou pelo adaptador AC. A opção AC-DC é desejável onde a disponibilidade de uma fonte AC não é certa, mas pode ser antecipada em algumas situações ou no futuro.

## **2.4. Escolha da Melhor Solução**

### **2.4.1. Sistema de Lançamento**



Por uma matriz de avaliação, determinamos a melhor solução:

Características	peso	1	2	3
		Nota / Nota x Peso		
Desempenho	7	7/49	7/49	9/63
Durabilidade	8	8/64	8/64	8/64
Facilidade de Fabricação	10	9/90	7/70	6/60
Investimento necessário	9	9/81	8/72	7/63
Custo de Operação	7	6/42	9/63	8/56
Prazo de Implantação	9	9/90	7/63	7/63
Total		416	318	369

A facilidade de fabricação é fator que mais pesa na escolha da solução por razões óbvias, seguido do investimento necessário, já que o sistema de lançamento é fator preponderante no custo do equipamento



## 2.4.2. Sistema de Oscilação

Da mesma maneira escolhemos também a melhor solução para este sistema:

Características	peso	1	2	3	4	5	6	7
		Nota / Nota x Peso						
Desempenho	7	7/49	8/56	6/42	7/49	7/49	8/56	8/56
Durabilidade	8	9/72	9/72	9/72	9/72	9/72	9/72	9/72
Complexidade	9	8/72	9/81	6/54	6/54	6/54	7/63	7/63
Custo	5	9/45	9/45	5/25	6/30	6/30	7/35	7/35
Prazo de Implantação	10	10/10	10/10	8/80	8/80	8/80	9/90	8/80
		0	0					
Total		338	354	273	285	285	316	306

O prazo de implantação da máquina (que no nosso caso é o tempo de projeto) é fator que mais pesa na escolha da solução, seguido da complexidade, visto que ambos estão intimamente relacionados. Ao custo, foi atribuído um peso menor, visto que o custo do sistema de oscilação é pequeno comparado com o custo total da máquina. Desempenho e durabilidade são fatores que menos pesam na escolha da solução, por isso tiveram pesos menores comparados com o peso do prazo de implantação.

### 2.4.3. Sistema de Controle

#### Oscilação

A matriz de avaliação, para podermos escolher a melhor solução:

Características	peso	1	2	3
		Nota / Nota x Peso		
Desempenho	7	7/49	9/63	8/56
Durabilidade	8	8/64	8/64	8/64
Custo de Fabricação	9	9/81	7/63	8/72
Investimento necessário	9	9/81	7/63	8/72
Prazo de Implantação	10	9/90	7/70	8/80
Total		323	365	344

A interface com o usuário apresenta nota igual em ambas as soluções. Portanto, não foi adicionada à matriz de escolha, pois não mudaria a pontuação geral.

A solução **B** é a solução que mais pontos obteve, por utilizar o motor de passo, que possibilita programação e melhora o seu desempenho.

As soluções **A** e **C** tem custo e investimento baixo, porém não possibilitam um controle programável.



## 2.4.4. Acesso Remoto

Matriz de avaliação:

Características	peso	A	B
		Nota / Nota x Peso	
Desempenho	7	8/56	7/49
Durabilidade	8	9/72	8/56
Custo de Fabricação	9	7/63	8/72
Investimento necessário	9	7/63	8/72
Praticidade de Uso	10	10/100	8/80
Total		354	329

A solução **A** apresenta um resultado melhor porque para o usuário é muito prático ter à mão um controle remoto da máquina. A solução **B**, apesar de ser simples e custar menos, é inconveniente para uso.





## 2.5. Solução Escolhida

A solução escolhida foi :

### Principal

- Sistema de Lançamento: **pneumático;**
- Sistema de Oscilação: **vertical/horizontal**
- Mecanismo: **quadro articulado.**

### Secundário

- Sistema de Controle:
  - Acionamento do Oscilador: **motor de passo;**
  - Velocidade: **tubo perfurado / tubos de diferentes comprimentos;**
  - Acesso Remoto: **sistema de controle remoto;**
- Sistema de armazenamento: **cesta de capacidade para 100 bolas;**
- Sistema de Alimentação: **disco perfurado;**
- Sistema de Transporte: **alças e rodas.**

### Opcional

- Sistema Programável: **CLP**
- Oscilação: **programação de seqüências de lançamentos;**
- Velocidade: **através de válvula reguladora na saída do compressor comandada eletricamente;**



- **Sistema sem Baterias.** A razão por termos optado por um sistema sem baterias é que o compressor consome muita energia e compromete o tempo de uso das baterias.



### 3. PROJETO BÁSICO

Na primeira parte do trabalho foi escolhida a solução a ser desenvolvida. Ficou determinado que para o sistema de lançamento, a solução adotada seria o lançamento das bolas por meio de ar comprimido; o mecanismo de oscilação tanto para a oscilação vertical quanto horizontal seria o quadro articulado; o intervalo mínimo entre os lançamentos de bola seria de 3 segundos; a capacidade máxima de armazenamento seria de 100 bolas; a velocidade máxima de lançamento das bolas seria de 25 m/s. A máquina deveria apresentar ainda um sistema de acesso remoto às funções principais da máquina a fim de permitir a interface do usuário estando ele do lado oposto da quadra. Além disso, ficou estabelecido que as dimensões e o peso da máquina não comprometeriam a sua portabilidade.

A realização do projeto básico seguiu as diretrizes estabelecidas na primeira apresentação. Cada componente do grupo ficou responsável pelo desenvolvimento de uma parte dos subsistemas e a integração das diversas partes foi realizada em conjunto. Testes com protótipos funcionais, assim como visitas técnicas também foram realizadas em conjunto.

Cabe aqui lembrar que, por falta de tempo, ficou faltando no primeiro relatório documentar as visitas realizadas pelo grupo, a fim de obter informações a respeito do equipamento. Foram duas, e ambas foram realizadas no mês de Junho. A primeira foi a um proprietário de uma máquina fabricada pela **Lob-Ster inc.** modelo **Tournament Model 401** mostrada na figura a seguir, cujo

princípio de funcionamento é pneumático e a segunda foi à academia de tênis PlayTennis Imarés que possui uma máquina da **Tennis Tutor**, modelo **Plus**.

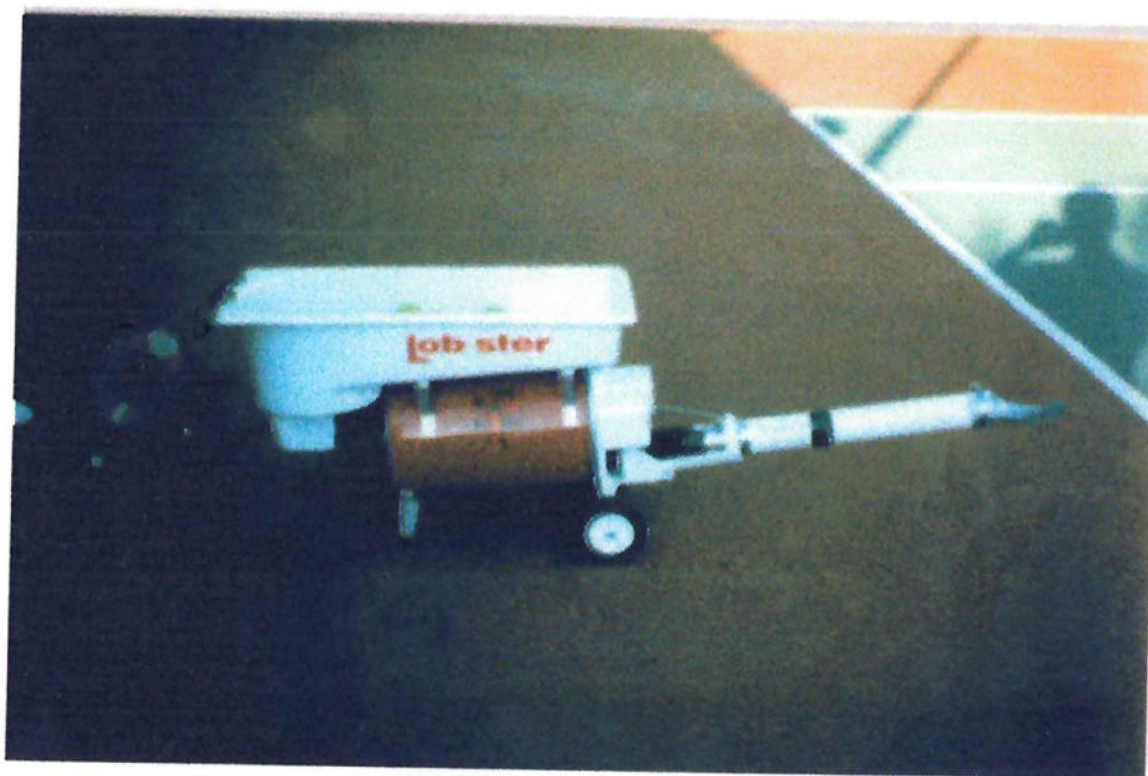


Fig 1. Máquina de lançamento de bolas

Conhecer os principais tipos de máquina existentes no mercado foi fundamental para o desenvolvimento deste projeto. Através destas visitas foi possível colher informações preciosas de seus proprietários a respeito da funcionalidade e desempenho das máquinas, assim como inspecionar minuciosamente os detalhes construtivos, detectando tanto as qualidades quanto os defeitos dos dois tipos de equipamento.



### **3.1. Projeto do Sistema de Lançamento**

O sistema de lançamento consiste do compressor de ar, da câmara de compressão onde ficará armazenado o ar comprimido responsável por impulsionar a bola e das tampas de entrada e saída da câmara, que devem permitir a entrada e a saída das bolas de tênis (uma de cada vez) na câmara e a vedação da mesma durante a compressão do ar no seu interior.

#### **3.1.1. Projeto da Câmara de Compressão**

Para a construção da câmara de compressão será feito uso de tubos e conexões de PVC. Estes, são facilmente encontrados no mercado, apresentam uma grande variedade de formatos e tamanhos e servem perfeitamente a esta finalidade.

#### **3.1.2. Dimensionamento do Compressor**

Para determinar o compressor a ser utilizado é necessário avaliar a vazão e a pressão necessárias para lançar as bolas de tênis à velocidade máxima estipulada nos requisitos de projeto (25 m/s). Entretanto o movimento real da bola é um movimento acelerado variável. Ele inicia com uma aceleração elevada positiva e conforme a bola vai descrevendo sua trajetória, a aceleração diminui devido a ação da resistência do ar. É difícil portanto precisar os valores de velocidade e aceleração na saída do canhão. Foram realizados alguns cálculos a este respeito mas seus resultados são pouco confiáveis visto a



imprecisão das hipóteses adotadas. A certeza da validade da escolha do compressor só poderá ser assegurada mediante a realização de testes com o escolhido. Em vista disso, um bom meio encontrado para estimar os valores de pressão e vazão que determinam o compressor foi o teste realizado com um protótipo funcional na Oficina Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica. Neste teste foi utilizado o ar comprimido fornecido pelo compressor da Oficina. A pressão fornecida por esse compressor foi medida e é da ordem de 6 bar. A vazão na linha ainda não foi aferida, mas considerando o resultado positivo do teste, apesar de todas as perdas envolvidas é muito provável que um compressor compacto seja capaz de fornecer uma vazão compatível à vazão disponível na linha.

Dentre os fabricantes de compressores pesquisados, a **Thomas Compressors** foi a que fornecia os catálogos mais detalhados da sua linha de produtos, além de um guia de seleção. Afim de ilustrar como se dá a escolha de um compressor, utilizou-se o guia de seleção acima citado.

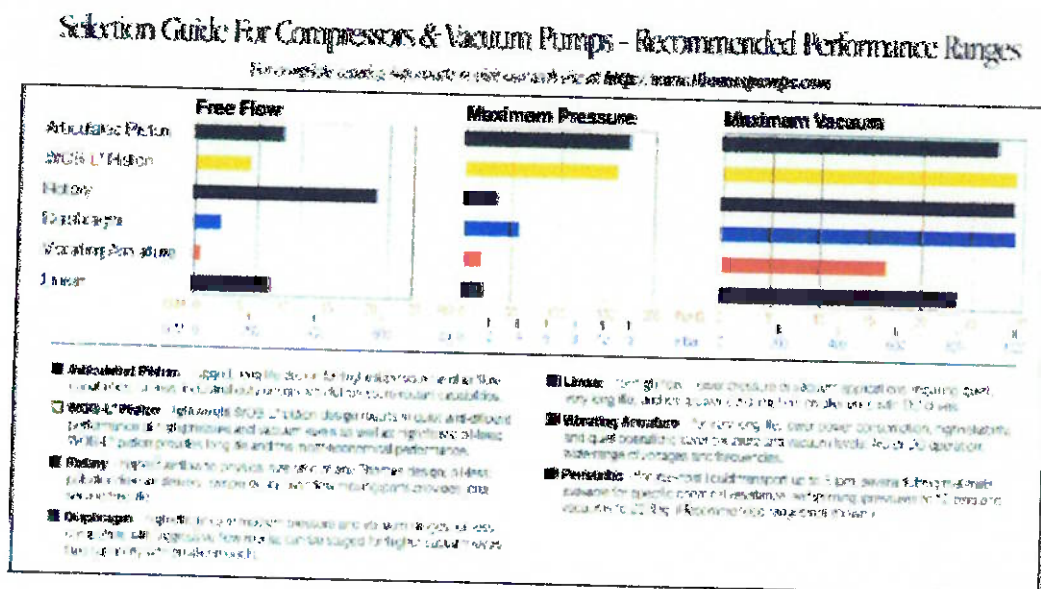


Fig 2. Guia de seleção de compressores e bombas de vácuo

É sabido por meio do teste realizado com o protótipo que uma pressão da ordem de 6 bar apresenta resultados satisfatórios. Adotando este valor como parâmetro, restringe-se a escolha a dois tipos de compressores: de pistão articulado e de pistão WOB-L®.

Como o primeiro é o que fornece maior vazão, optou-se por este tipo construtivo.

Para a escolha do modelo, consultou-se a tabela a seguir:



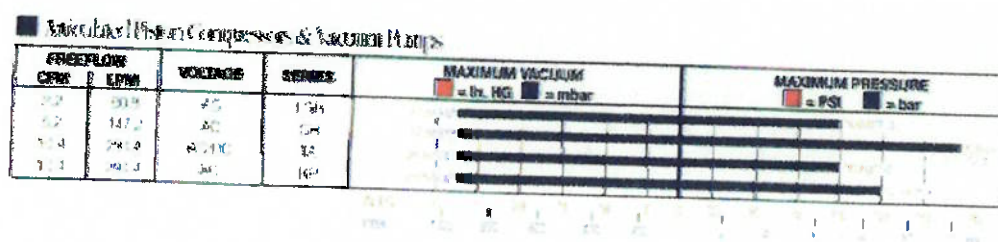


Fig 3. Tabela de seleção de compressor

Os modelos **HP** e **TA** são equivalentes em se tratando de vazão máxima. A escolha por um ou outro fica em função das dimensões de cada um, uma vez que espaço disponível é um fator limitante neste projeto. Assim, consultando o catálogo do fabricante, optou-se pelo modelo **TA-7102** por respeitar as limitações de espaço e apresentar a melhor relação vazão/espaço ocupado.



### 3.1.3. Projeto da Tampa de Entrada da Câmara de Compressão

Foram sugeridas algumas propostas para o mecanismo das tampas da entrada da câmara. Desde a tampa com articulação simples, com tampa repartida, até a utilização de um mecanismo obturador (utilizado na máquina fotográfica).

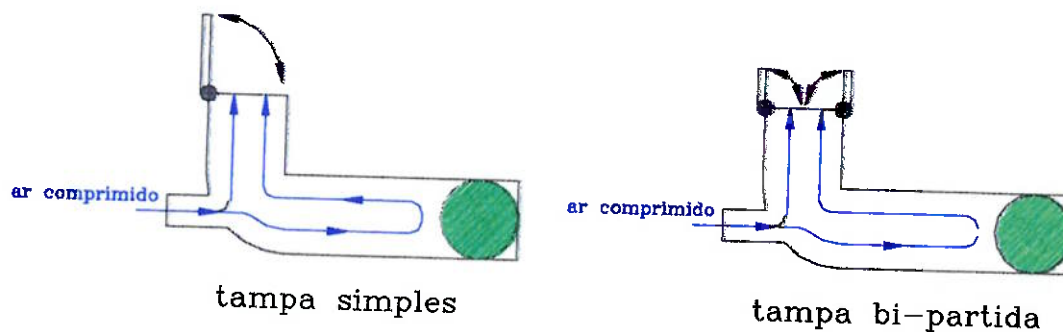


Fig 4. Propostas para a tampa da entrada da câmara

As duas primeiras soluções acima ilustradas seriam as de construção mais fácil sendo que a segunda ainda apresenta a vantagem de ocupar menos espaço e, se nas mesmas condições da primeira, poder abrir e fechar mais rapidamente. Entretanto, ambas as soluções apresentam um inconveniente. As tampas para serem fechadas têm que vencer a força exercida pela saída do ar comprimido, uma vez que a saída da câmara está bloqueada. Portanto, seria necessário o uso de algum outro elemento que exercesse a força necessária para fechar a(s) tampas.

Em vista disso, preferiu-se utilizar o mecanismo obturador, que simplifica sobremaneira o sistema de fechamento das tampas, uma vez que o movimento das tampas se dá na direção perpendicular ao escoamento.

Para este sistema basta apenas um solenóide que, uma vez acionado eletricamente, movimenta o mecanismo permitindo uma grande abertura através de um pequeno deslocamento, como pode-se observar na próxima figura.

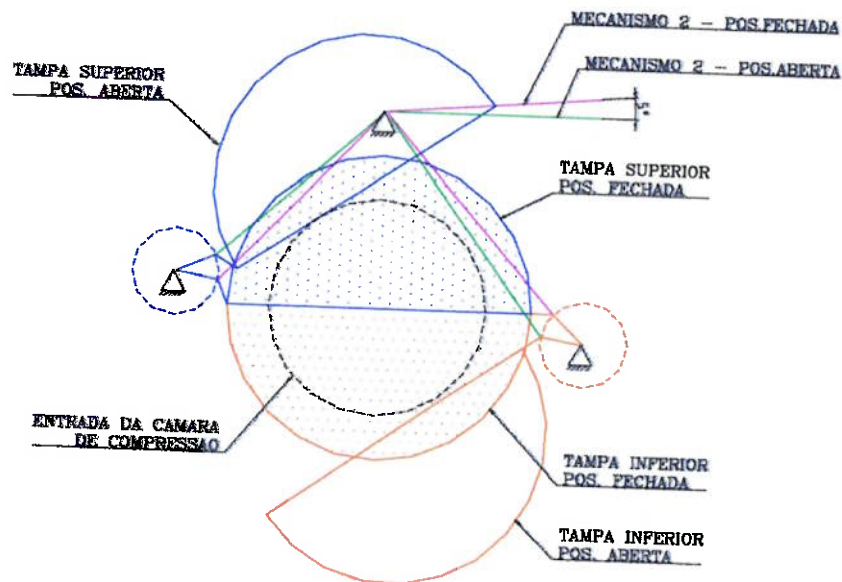


Fig. 5. Mecanismo obturado

Na figura acima está representado o mecanismo obturado nas posições de abertura e fechamento. O mecanismo consiste de 3 peças móveis, a tampa superior, a tampa inferior e braço de acionamento (nomeado de mecanismo 2). Além disso, existe ainda o suporte onde são fixados os mecanismos. Este suporte por sua vez, vai fixado na entrada da câmara através de uma outra peça (fixação do suporte). O esquema a seguir ilustra a montagem.

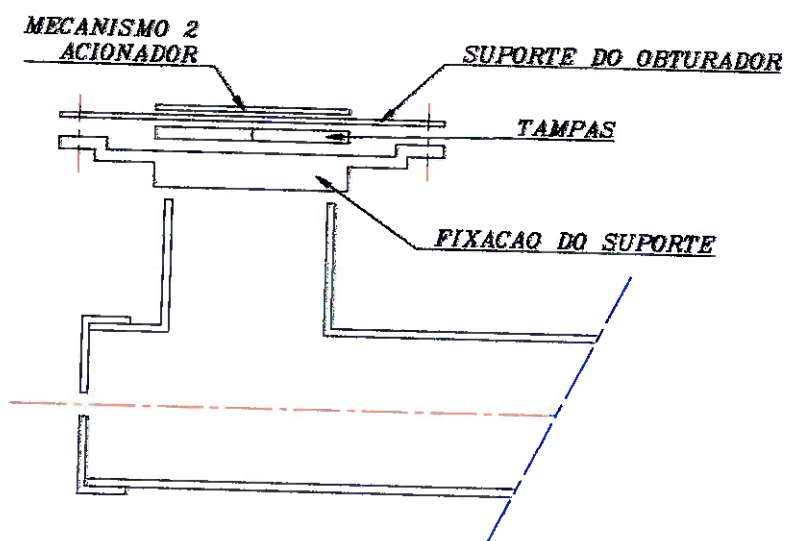


Fig 6. Esquema de montagem da tampa

Para minimizar o vazamento de ar por entre as tampas, estas possuem um perfil diferenciado na região de contato.

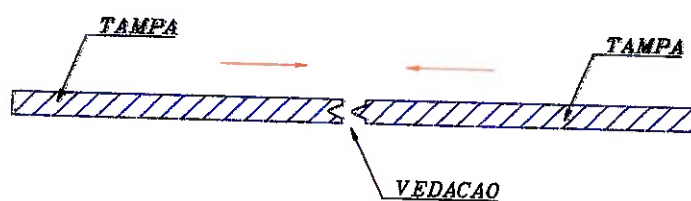


Fig 7. Detalhe do perfil das tampas

### 3.1.4. Projeto da Tampa de Saída da Câmara de Compressão

Pensou-se em aproveitar o mesmo mecanismo do obturador na saída da câmara também. Porém na saída, a situação é um pouco diferente. Como é a bola que faz a vedação (impedindo a saída de ar) não é necessária uma grande abertura para permitir a passagem das bolas, como ocorre na entrada da câmara. Por essa razão preferiu-se usar este outro mecanismo ilustrado na figura a seguir.

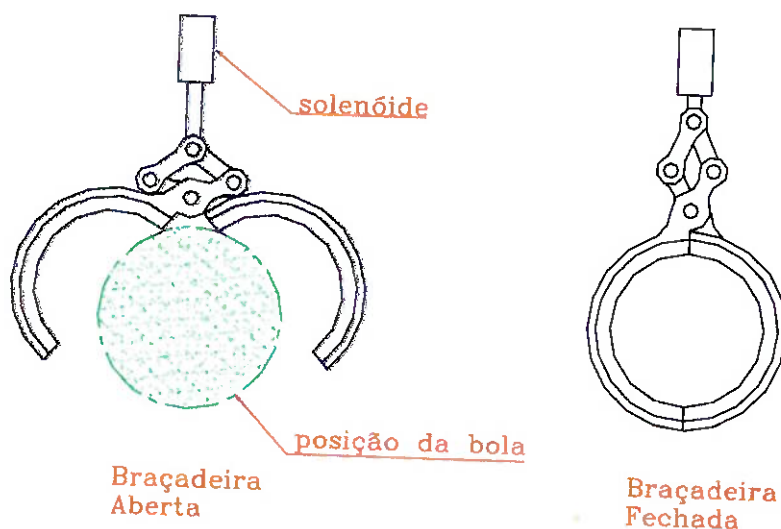


Fig 8. Mecanismo de retenção da bola na saída da câmara

O funcionamento do sistema de lançamento se dá da seguinte forma: inicialmente tanto a entrada quanto a saída da câmara se encontram fechadas, o compressor fornece ar intermitentemente, a braçadeira não impede a passagem do ar que portanto é liberado para a atmosfera. No momento em que uma bola estiver prestes a entrar na câmara, as tampas da entrada se abrem, a bola entra na câmara e as tampas se fecham. A bola é então

impulsionada pelo ar até a saída da câmara. Como a braçadeira está fechada, a passagem da bola fica impedida, causando a pressurização no interior da câmara. Três segundos após o início desse processo a braçadeira se abre liberando a bola. Depois que a bola passa, a braçadeira se fecha novamente dando início ao próximo ciclo de lançamento.

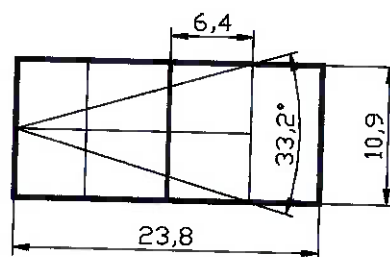
### 3.2. Projeto do Sistema de Oscilação

O sistema de oscilação do canhão direcionador de lançamentos das bolas de tênis foi projetado para atuar tanto horizontalmente quanto verticalmente.

Na oscilação horizontal, um mecanismo de quadro articulado foi projetado para que satisfizesse o ângulo de cobertura da quadra. Posicionando o mecanismo em suas duas posições principais, pudemos chegar geometricamente a um dimensionamento das hastes que compõem o mecanismo. A seguir é mostrado todo o cálculo que foi feito para se projetar de maneira exata este mecanismo:

#### 3.2.1. Dimensionamento do Mecanismo de Oscilação Horizontal

O canhão da máquina fará um curso angular de aproximadamente  $35^\circ$



Dimensões Principais da Quadra

Fig 9. Ângulo de alcance de lançamento

O quadro articulado fará a oscilação horizontal do canhão. Este quadro terá o seguinte esquema:

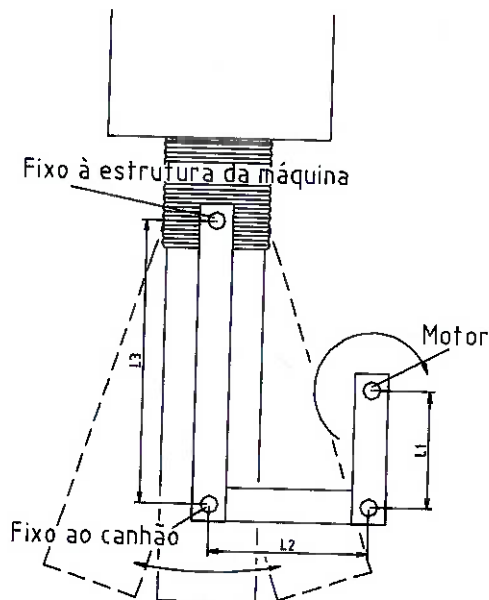


Fig 10. Mecanismo de oscilação

Este mecanismo de quadro articulado é composto de três barras unidas por articulações, de modo que a barra  $L1$  está ligada a um motor que rotaciona no sentido horário; a barra  $L3$  está ligada através de articulações à estrutura da máquina e também ao canhão direcionador. A barra  $L2$  faz a ligação entre  $L3$  e  $L1$ .

Para dimensionar os tamanhos de  $L1$ ,  $L2$  e  $L3$ , utilizaremos as posições máxima e mínima de oscilação, impondo que o ângulo de oscilação seja de  $33^\circ$ .

### Posição 1:

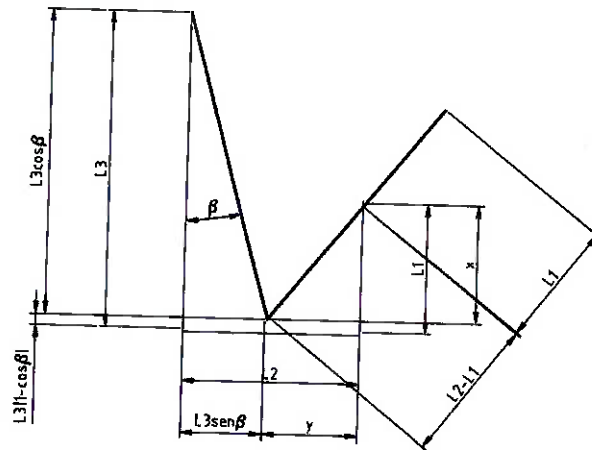


Fig 1. Esquema do mecanismo

Nesta posição deveremos satisfazer a condição:

$$L2 > L1$$

Temos que:

$$x = L1 - L3(1 - \cos \beta) \dots\dots\dots 1$$

$$y = L2 - L3 \sin \beta \dots\dots\dots 2$$

$$x^2 + y^2 = (L2 - L1)^2 \dots\dots\dots 3$$

1 e 2 em 3:

$$[L1 - L3(1 - \cos \beta)]^2 + [L2 - L3 \sin \beta]^2 = [L2 - L1]^2$$

Desenvolvendo a equação acima têm-se:

$$-2L_1L_3 + 2L_1L_3 \cos \beta + L_3^2 - 2L_3^2 \cos \beta + L_3^2 \cos^2 \beta - 2L_2L_3 \sin \beta + L_3^2 \sin^2 \beta = -2L_1L_2 \dots \dots I$$

Na posição 2:

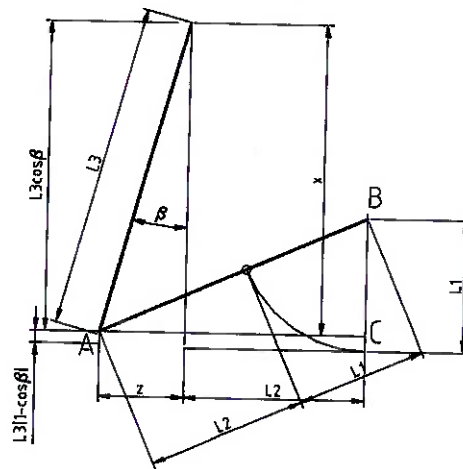


Fig 12. Esquema do mecanismo

Nesta posição pode-se afirmar que:

$$x = L_3 \cos \beta$$

$$y = L_3 - x = L_3(1 - \cos \beta)$$

$$z = L_3 \sin \beta$$

Aplicando o teorema de Pitágoras no Triângulo ABC:

$$(z + L_2)^2 + (L_1 - y)^2 = (L_2 + L_1)^2 \Rightarrow (L_3 \sin \beta + L_2)^2 + [L_1 - L_3(1 - \cos \beta)]^2 = (L_1 + L_2)^2$$

Desenvolvendo a expressão acima, chega-se a:





$$L3^2 + 2L2L3 \sin \beta + 2L1L3 \cos \beta - 2L3^2 \cos \beta - 2L1L3 - 2L1L2 = -L3^2 \dots\dots II$$

De I:

$$2L3^2 - 2L1L3 + 2L1L2 + 2L1L3 \cos \beta - 2L2L3 \sin \beta - 2L3^2 \cos \beta = 0 \dots\dots III$$

De II:

$$2L3^2 - 2L1L3 - 2L1L2 + 2L1L3 \cos \beta + 2L2L3 \sin \beta - 2L3^2 \cos \beta = 0 \dots\dots IV$$

Efetuada a subtração III – IV têm-se:

$$L1 = L3 \sin \beta$$

$$L1/L3 = 0,285$$

Atribuindo para  $L1=5\text{cm}$ , temos  $L3=17,5\text{ cm}$

$$L2=10\text{cm}$$

### 3.2.1. Dimensionamento do Mecanismo de Oscilação Vertical

Quanto ao sistema de oscilação vertical, calcularam-se os torques atuantes no motor que executa esta função:

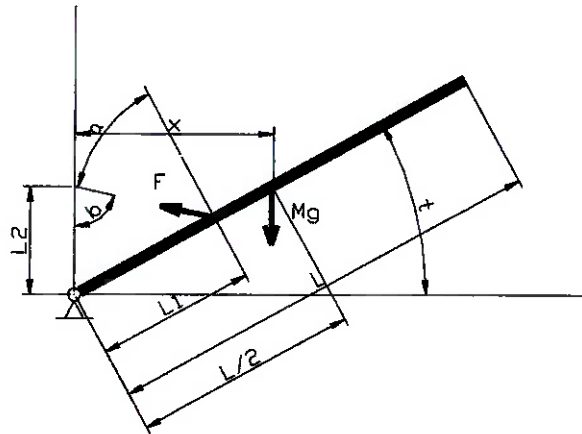


Fig 13. Diagrama de forças

**Dados:**

- Massa do canhão: 607 g (material: PVC)
- $L_2=0,10$  m (distância da articulação até o braço do motor)
- $L_1=0,20$  m (comprimento do fio: ligado ao motor e ao canhão)
- $L= 1$  m (comprimento do tubo)

Das relações geométricas sabe-se que:

$$\cos t = x/(L/2) \dots\dots\dots I$$

Fazendo o equilíbrio dos momentos:

$$Mg x = F \cos a L_1 \dots\dots\dots II$$

Da relação de ângulos, têm-se que:

$$b+90^\circ - a+90^\circ - t = 180^\circ$$



$$b=a+t$$

Da lei dos senos:

$$L1/\sin b = L2/\sin(90^\circ - a) \Rightarrow L1/(\sin a \cos t + \cos a \sin t) = L2/\cos a \dots\dots\dots III$$

Das relações trigonométricas:

$$\sin^2 a + \cos^2 a = 1 \Rightarrow \sin a = (1 - \cos^2 a)^{1/2} \dots\dots\dots IV$$

Fazendo IV em III :

$$\cos a = \cos t / [(L1/L2)^2 - 2(L1/L2) \sin a + 1]^{1/2}$$

E I em II:

$$Mg x = F L1 \cos t / [(L1/L2)^2 - 2(L1/L2) \sin a + 1]^{1/2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F = Mg x [(L1/L2)^2 - 2(L1/L2) \sin a + 1]^{1/2} / (L \cos t)$$

Substituindo I na equação acima:

$$F = (Mg/2) [(L1/L2)^2 - 2(L1/L2) \sin a + 1]^{1/2}$$

Analisando as posições angulares mínima e máxima em  $t=10^\circ$  e  $t=45^\circ$ , chega-se aos seguintes resultados:

Posição em  $t=10^\circ$ :

$$M=0,61 \text{ kg}$$

$$L1=0,20 \text{ m}$$



Posição em  $t=45^\circ$ :

$$M=0,61 \text{ kg}$$

$$L1=0,20 \text{ m}$$

$$L2=0,10 \text{ m} \Rightarrow F=4,6 \text{ N}$$

Para um braço do motor de 5cm, os torques são:

$$\text{Torque máximo: } 6,4 \times 0,05 = 0,32 \text{ Nm}$$

$$\text{Torque mínimo: } 4,6 \times 0,05 = 0,23 \text{ Nm}$$

Sendo a rotação  $n=10 \text{ rpm}$ , a potência máxima exigida é:

$$N=0,32 \times 10 \times 2 \pi / 60 = 0,32 \text{ W}$$

Analisando-se o catálogo da Bosch de pequenos motores escolhemos o motor com as seguintes características:

Denominação:	CDP 24V 23/24 W
Tensão Nominal:	24 VCC
Rotação nominal:	22/38 rpm
Torque Permanente:	10/6 Nm
Torque de arranque:	50/45 Nm
Proteção/ Grau:	IP 33

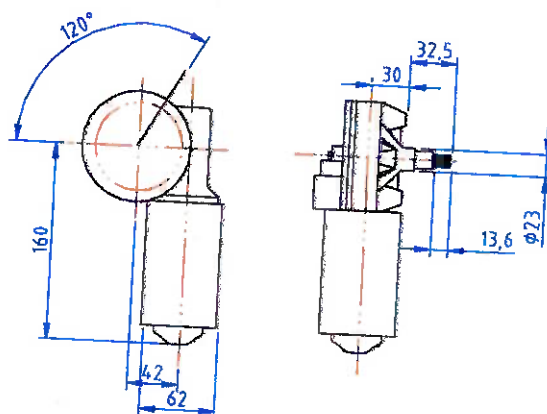


Fig 14. Desenho esquemático do motor escolhido

### 3.3. Projeto do Sistema de Alimentação

Conforme foi comentado no estudo de viabilidade, a maneira mais simples de alimentar com bolas o sistema de lançamento é através do sistema de disco rotativo. Este sistema fica localizado no fundo da cesta onde estão armazenadas as bolas.

### 3.4. Projeto do Sistema de Controle

Um sistema de temporização foi projetado para atender o período em que a bola era imediatamente posta para dentro da máquina até sua ejeção pelo canhão direcionador.



### **3.4.1. Princípio de Funcionamento**

Na iminência da entrada da bola na câmara, deve-se acionar o solenóide para abertura imediata da tampa de entrada da câmara, afim de permitir a passagem da bola. Assim que a bola entra na câmara, o solenóide que controla a abertura e fechamento é acionado novamente fechando a tampa de entrada, impedindo que nenhuma outra bola penetre enquanto a primeira estiver em seu processo de disparo.

Antes que a próxima bola esteja pronta para entrar na câmara, libera-se a passagem da bola para o meio externo por meio do acionamento do solenóide que controla a braçadeira na saída da câmara. Logo após a passagem da bola por esta saída, o solenóide é acionado novamente fechando a passagem.

### **3.4.2. Sistema de Controle dos Solenóides**

O controle da abertura e fechamento das passagens do sistema de lançamento é feito por um disco acoplado diretamente ao eixo que executa a rotação do sistema alimentador de bolas, com contatos elétricos que, estrategicamente posicionados no disco, dão o tempo exato para perfeito acionamento dos solenóides. A figura abaixo mostra os solenóides ligados ao disco:

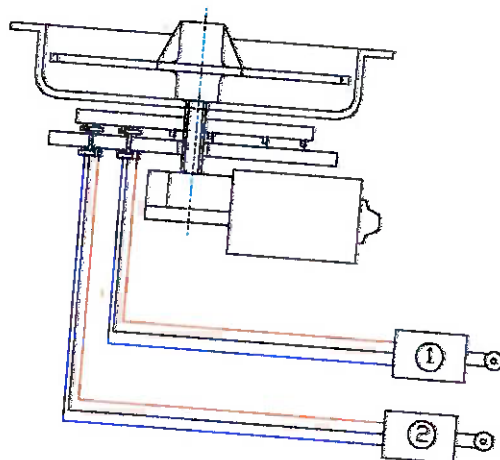


Fig 15. Esquema de montagem

O solenóide 1 controla a abertura/fechamento da tampa de entrada, enquanto que o solenóide 2 controla a abertura/ fechamento da tampa de saída. Quando os terminais vermelho e preto estão conectados, o solenóide executa um movimento de avanço; quando o azul e o preto estão conectados, executa o movimento contrário.

Para que melhor seja entendido este sistema, podemos esquematicamente ilustrar seu funcionamento passo a passo:

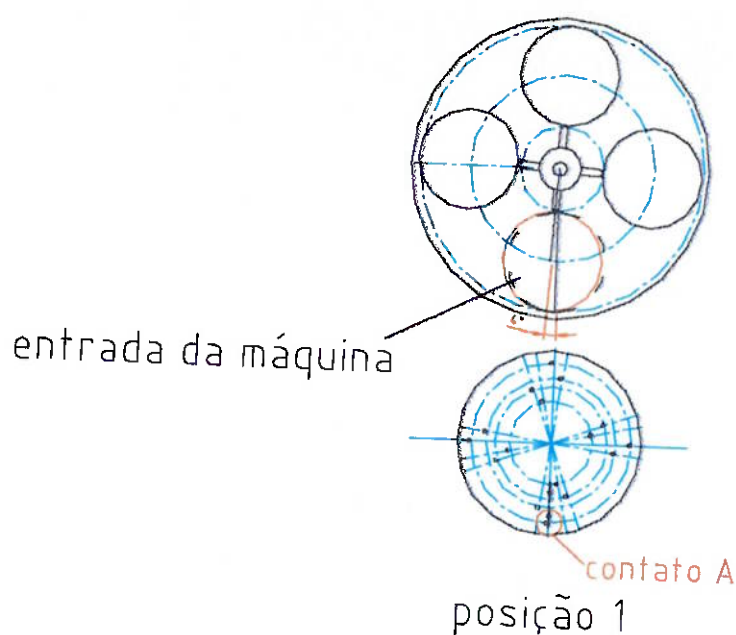


Fig 16. Situação inicial

Na figura acima está o disco superior do sistema alimentador de bolas, e o disco inferior representa o mecanismo de acionamento dos solenóides. Estão girando no sentido anti-horário, acoplados a um mesmo eixo.

Nesta posição, o furo em vermelho está representando a posição em que o disco alimentador de bolas está quase acima da tampa de entrada da câmara. Nesta posição, o solenóide de abertura da tampa de entrada é acionado com o contato A.

Na segunda posição, é necessário que a tampa de entrada da câmara esteja fechada para que nenhuma outra bola entre. A figura a seguir mostra as subseqüentes posições dos dois discos:



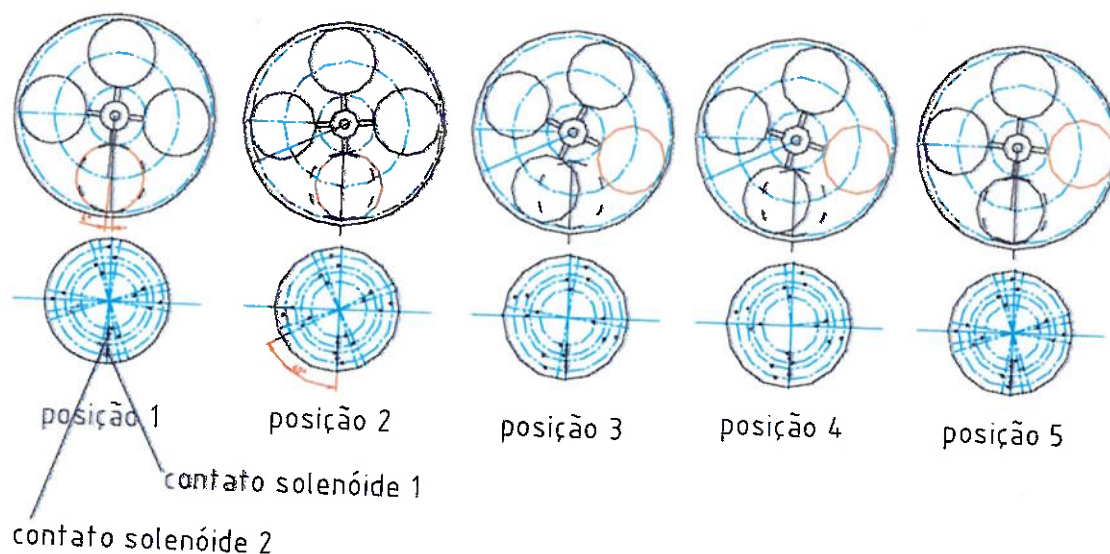


Fig 17. Sequência de posições do sistema

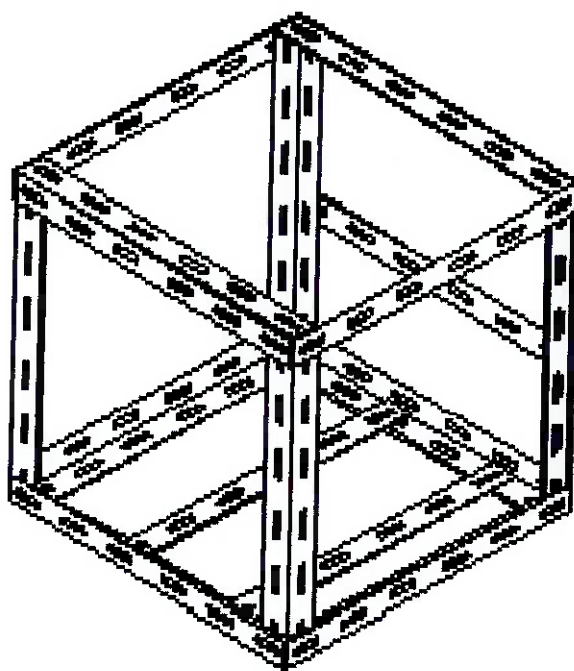
A posição 2 mostra quando é o momento de se acionar o solenóide para fechamento da tampa de entrada.

Na posição 3, a tampa de saída da câmara é aberta com o acionamento do solenóide que controla este movimento. A bola, então, é liberada e, na posição 4, há um novo contato que aciona o solenóide novamente, fechando a saída.

Na posição 5, os discos se encontram na posição inicial e o ciclo recomeça.

### 3.5. Projeto da Estrutura de Sustentação

Consiste de uma armação metálica que tem como finalidades proporcionar sustentação, estabilidade e rigidez à máquina além de suporte para fixação dos componentes.



A figura ao lado ilustra a construção da estrutura.

Os furos oblongos permitem maior liberdade no posicionamento das fixações.

Fig 18. Estrutura de sustentação

### 3.6. Projeto do Sistema de Transporte

Um par de rodas na parte dianteira da máquina permite que ela seja puxada por meio do puxador fixado na cesta e localizado na parte superior traseira. O apoio fixo localizado na parte traseira da máquina impede que esta se movimente devido ao impulso gerado pelos lançamentos enquanto está funcionando.

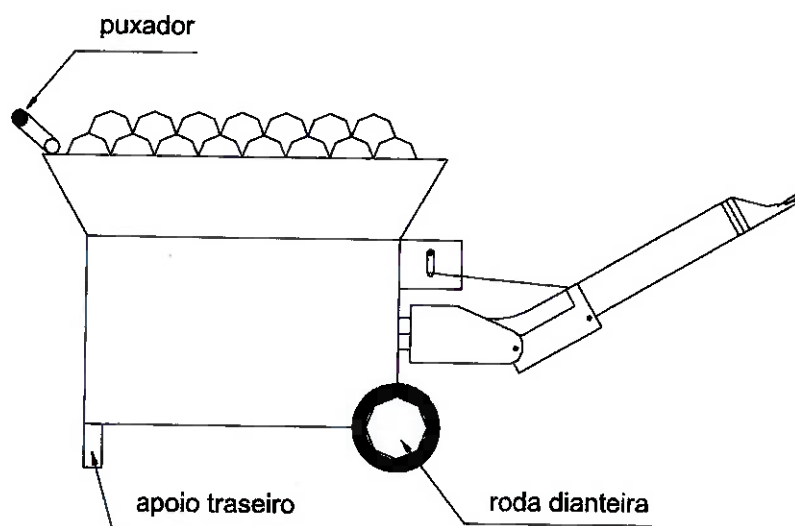


Fig 18. Lay-out geral da máquina

### 3.7. Alimentação Elétrica



A máquina será ligada diretamente à uma fonte de alimentação externa de 110 V, com frequência de 60 Hz. Para que esta fonte de energia possa ser utilizada, se faz necessário um transformador AC/DC, visto que os três motores a serem acionados (dois do sistema de oscilação e um do sistema de alimentação de bolas) operam com corrente contínua. Para os motores escolhidos (tipo CDP 24V 23/24 W), existem várias opções disponíveis no mercado para transformadores AC/DC.



---

Escolheu-se utilizar o modelo de transformador RGD-4824250, que opera a 24V, da David Cheng. Porém existem muitas opções nacionais que podem ser utilizadas.



## 4.CONCLUSÃO

A elaboração deste trabalho propiciou a aplicação dos conhecimentos adquiridos durante o curso de Engenharia e a realização de um projeto de integração de sistemas de natureza mecânica (pneumática, mecânica dos fluidos, mecanismos, etc.) e elétrica.

Mesmo sem a comprovação experimental de seu funcionamento, tendo em vista que este projeto se situa apenas como um estudo preliminar, ele atendeu ao seu propósito de apresentar ao aluno a metodologia utilizada em projetos de Engenharia.

Sem mais a acrescentar, finalizamos aqui este trabalho.

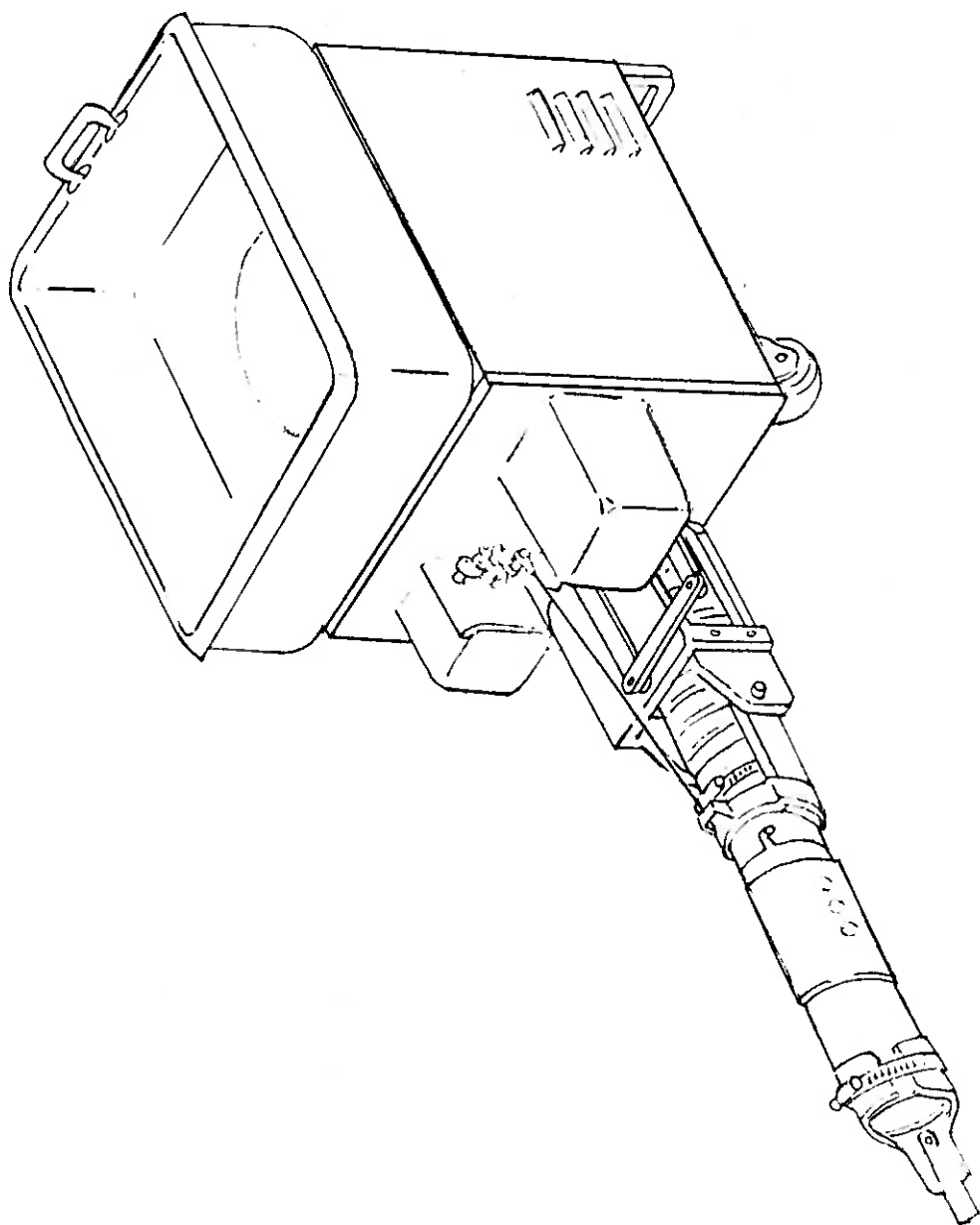


## **5. ANEXOS**



## **5.1. Ilustrações e Vistas Explodidas da Máquina**





## VISTA GERAL



PROJEÇÃO:

ISOMÉTRICA

DISCIPLINA:

PMC-581 PROJETO MECANICO II

ALUNOS: DANIEL MARTINELLI CHU

ROGERIO KIOSHI CANASHIRO

E.P.U.S.P.

DATA: 06/12/98

PROF. ORIENTADOR:

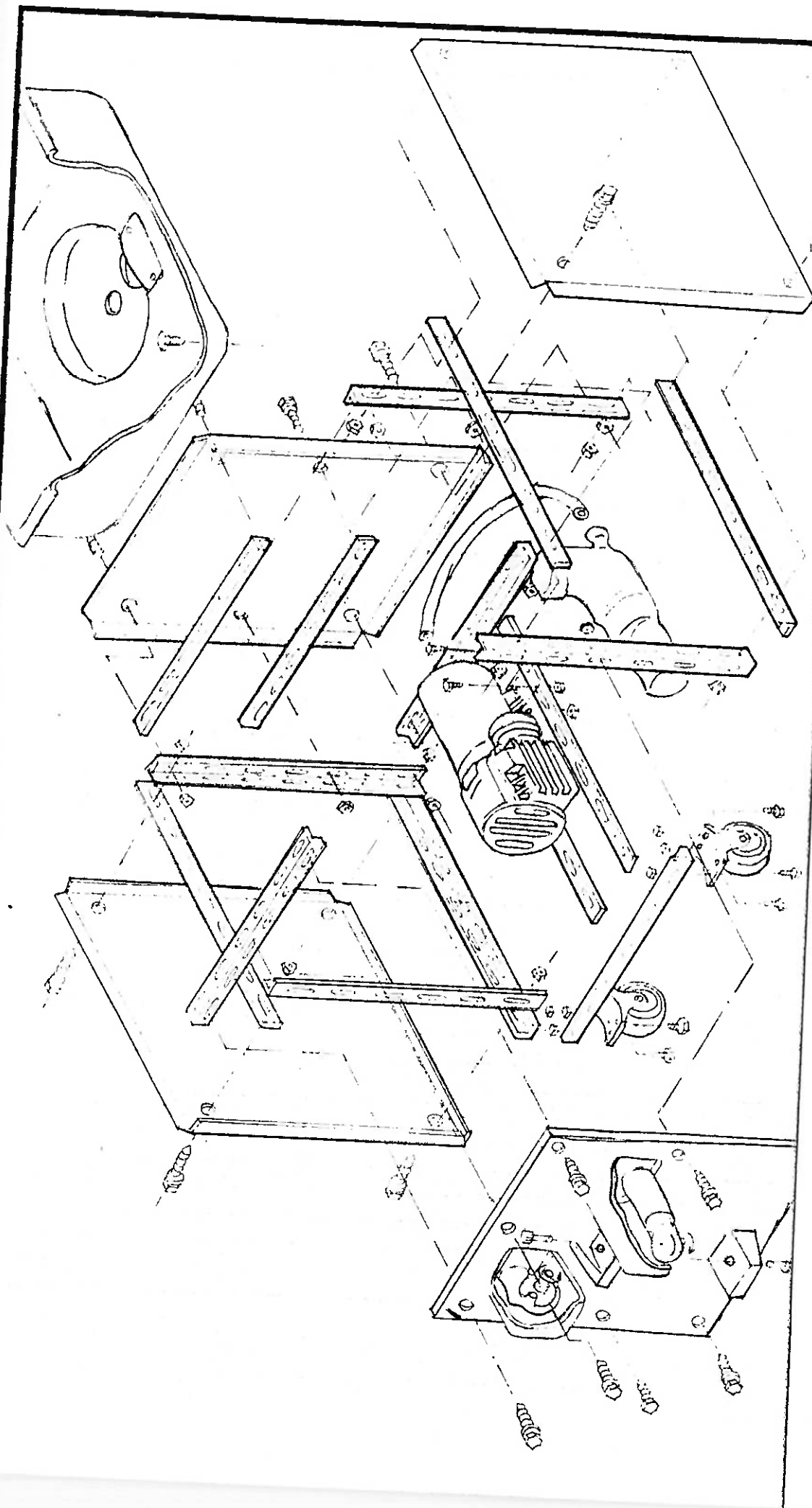
TARCISIO

ESCALA:

—


FOLHA:

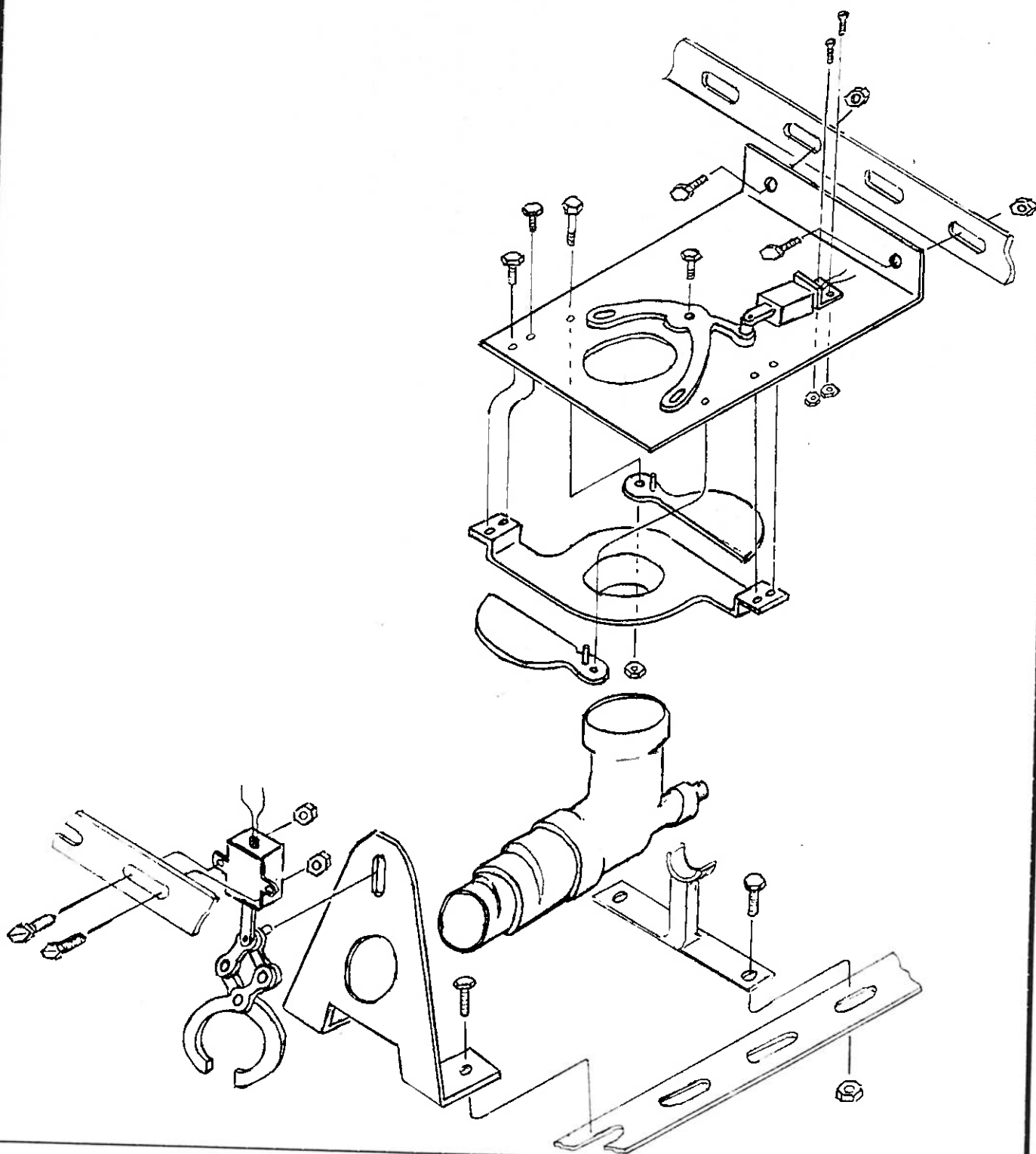
MÁQUINA DE LANÇAR BOLAS  
DE TENIS



# VISTA EXPLODIDA

## Estrutura

	DISCIPLINA:	PMC-581 PROJETO MECANICO II	E.P.U.S.P.
	ALUNOS:	DANIEL MARTINELLI CHU ROGERIO KIOSHI CANASHIRO	DATA: 08/12/98
	PROF. ORIENTADOR:	TARCISIO	PROF. ORIENTADOR:
PROJEÇÃO:	MÁQUINA DE LANÇAR BOLAS DE TENIS		ESCALA: -
ISOMETRICA			FOLHA: -



# **VISTA EXPLODIDA** **Sistema de Lançamento**

DISCIPLINA:

PMC-581 PROJETO MECANICO II

ALUNOS:

DANIEL MARTINELLI CHU  
 ROGERIO KIOSHI CANASHIRO

E.P.U.S.P.

DATA: 06/12/98

PROF. ORIENTADOR:

TARCISIO

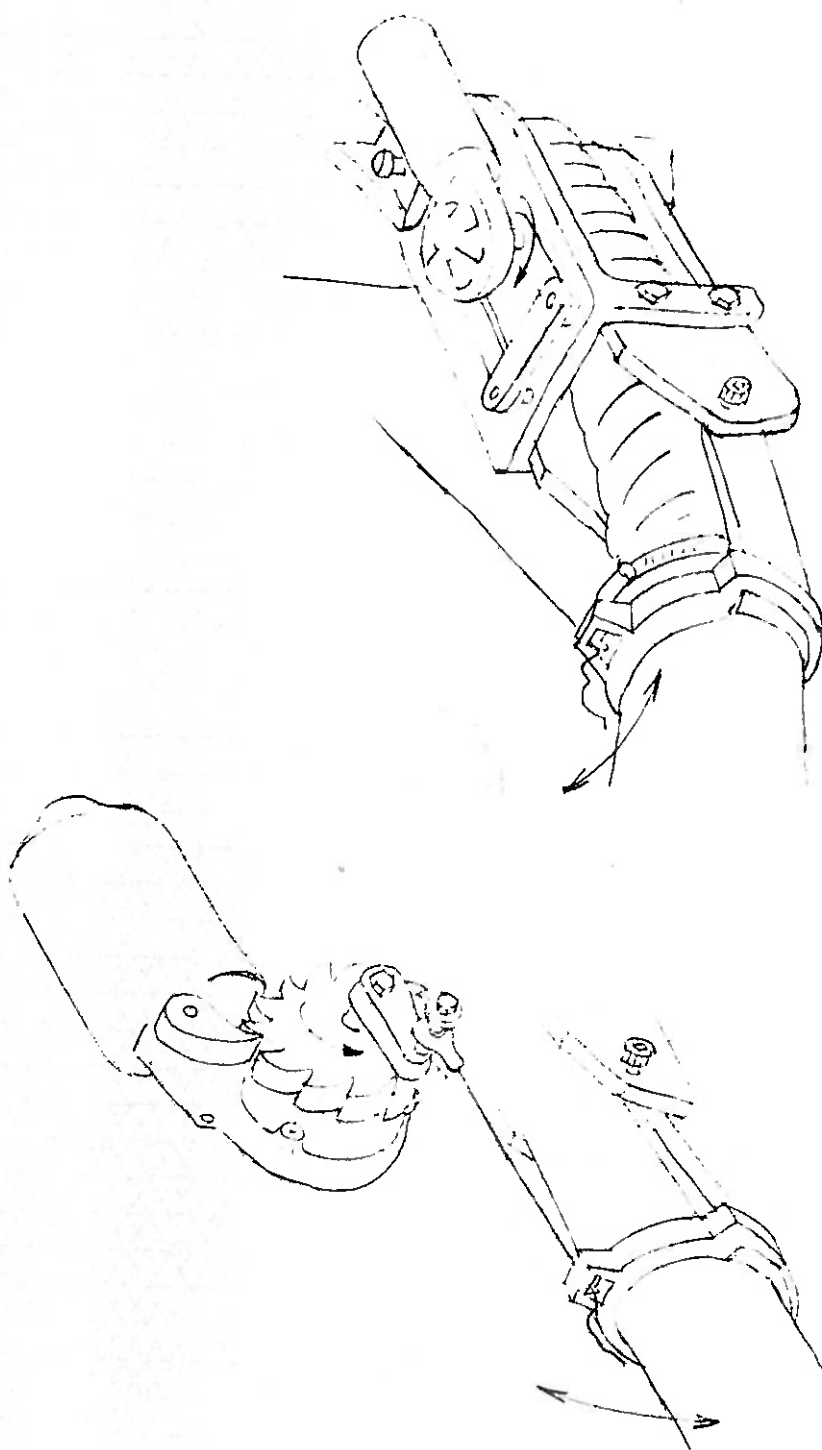
MÁQUINA DE LANÇAR BOLAS  
 DE TENIS

ESCALA:

—

FOLHA:

2/2



## DETALHE

### Sistema de Oscilação



PROJEÇÃO:

ISOMÉTRICA

DISCIPLINA:

PMC--581 PROJETO MECANICO II

E.P.U.S.P.

DATA: 06/12/98

PROF. ORIENTADOR:

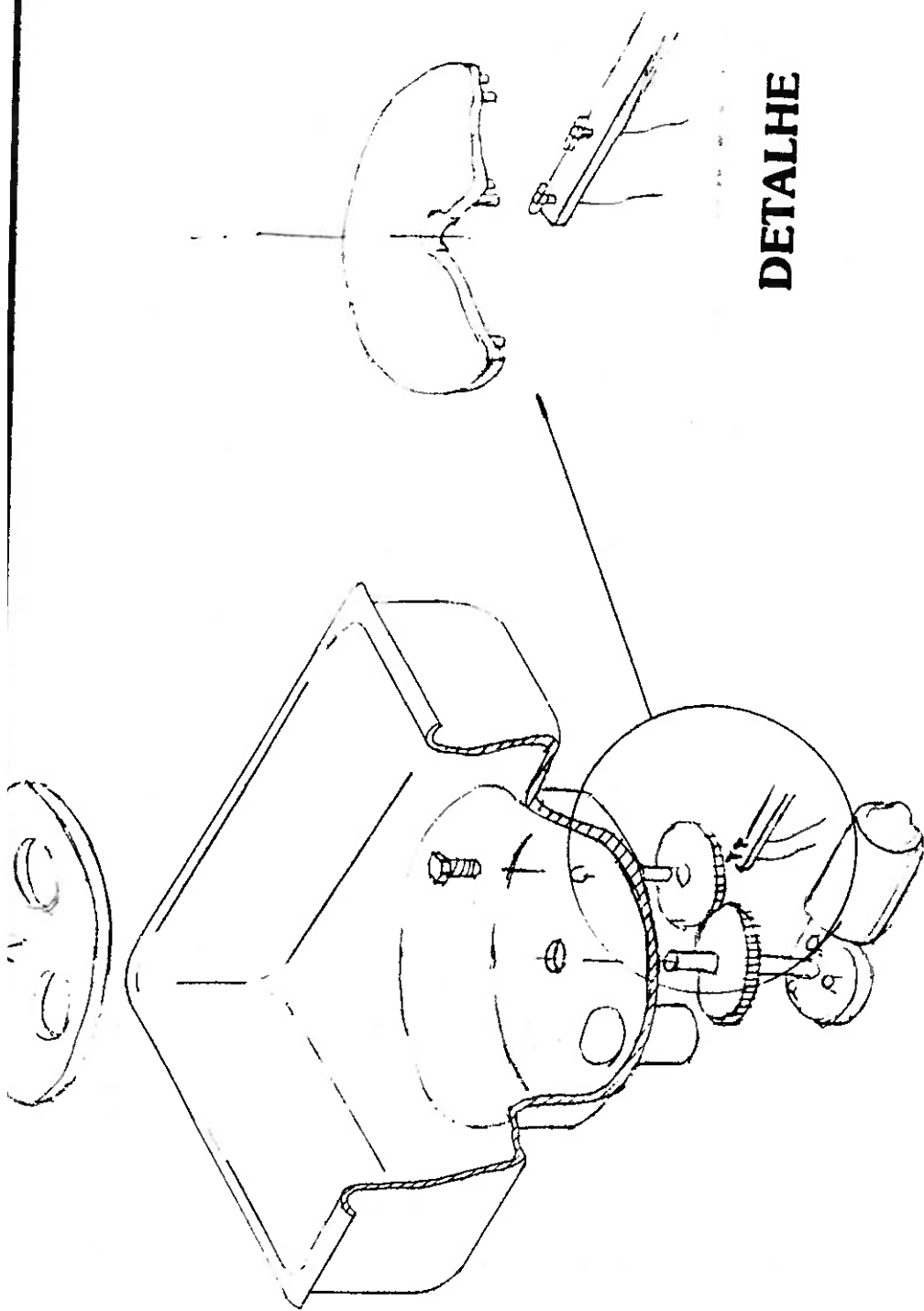
TARCISIO

ALUNOS: DANIEL MARTINELLI CHU  
ROGERIO KIOSHI CANASHIRO

MÁQUINA DE LANÇAR BOLAS  
DE TENIS

ESCALA:

FOLHA:



**DETALHE**

**VISTA EXPLODIDA**  
**Controle de Lançamento**



PROJEÇÃO:

ISOMÉTRICA

DISCIPLINA:

PMC-581 PROJETO MECANICO II

ALUNOS: DANIEL MARTINELLI CHU

ROGERIO KIOSHI CANASHIRO

E.P.U.S.P.

DATA: 06/12/98

PROF. ORIENTADOR:

TARCISIO

ESCALA:

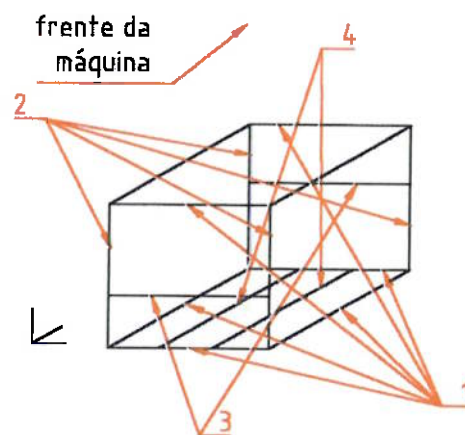
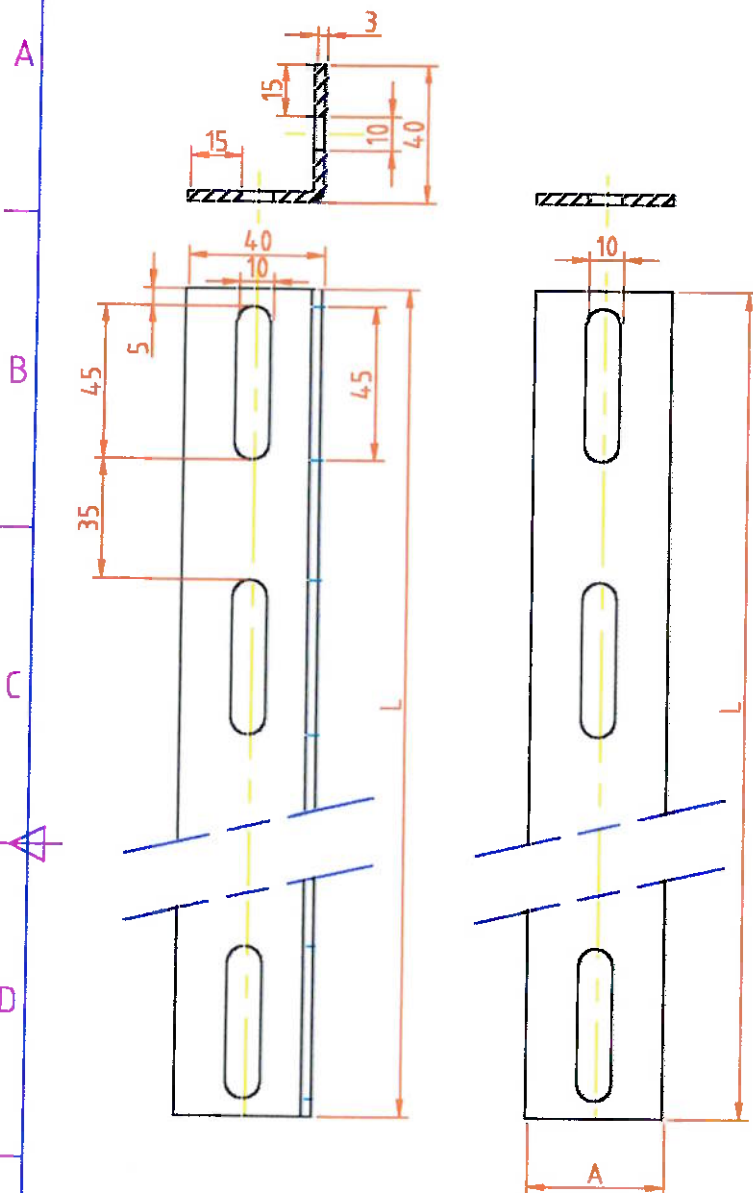
---

FOLHA:

**MÁQUINA DE LANÇAR BOLAS**  
**DE TENIS**



## **5.2. Desenhos de Conjunto e de Fabricação**

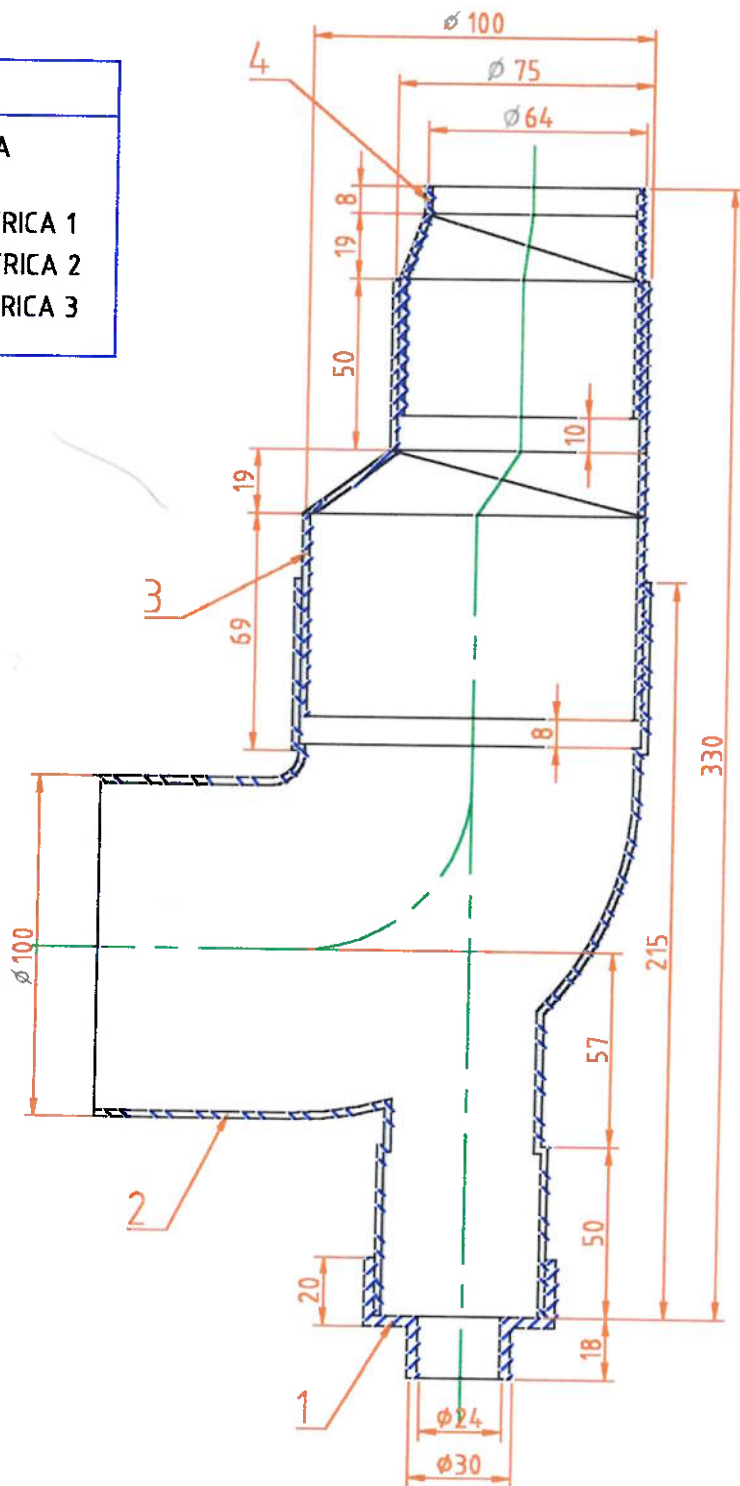


Esquema de montagem da estrutura metálica interna

4	2	perfil chato perfutado	470 - 60
3	2	perfil chato perfutado	470 - 40
2	4	perfil cantoneira perfutado	420 -
1	6	perfil cantoneira perfutado	470 -
Item	Quant.	Descrição	Dimensão - L , A
Desenhado por DANIEL_CHU	Checkado por: ROGÉRIO	Aprovado em: DMC-30/08/98	Filename PERFIL-CJ.DWG
PMC-581		PERFIS ESTRUTURAIS	
DES._N°_1		Edição 1	Folha 1/1

1	2	3	4
RevNo	Nota de Revisao	Data	Signature Checked

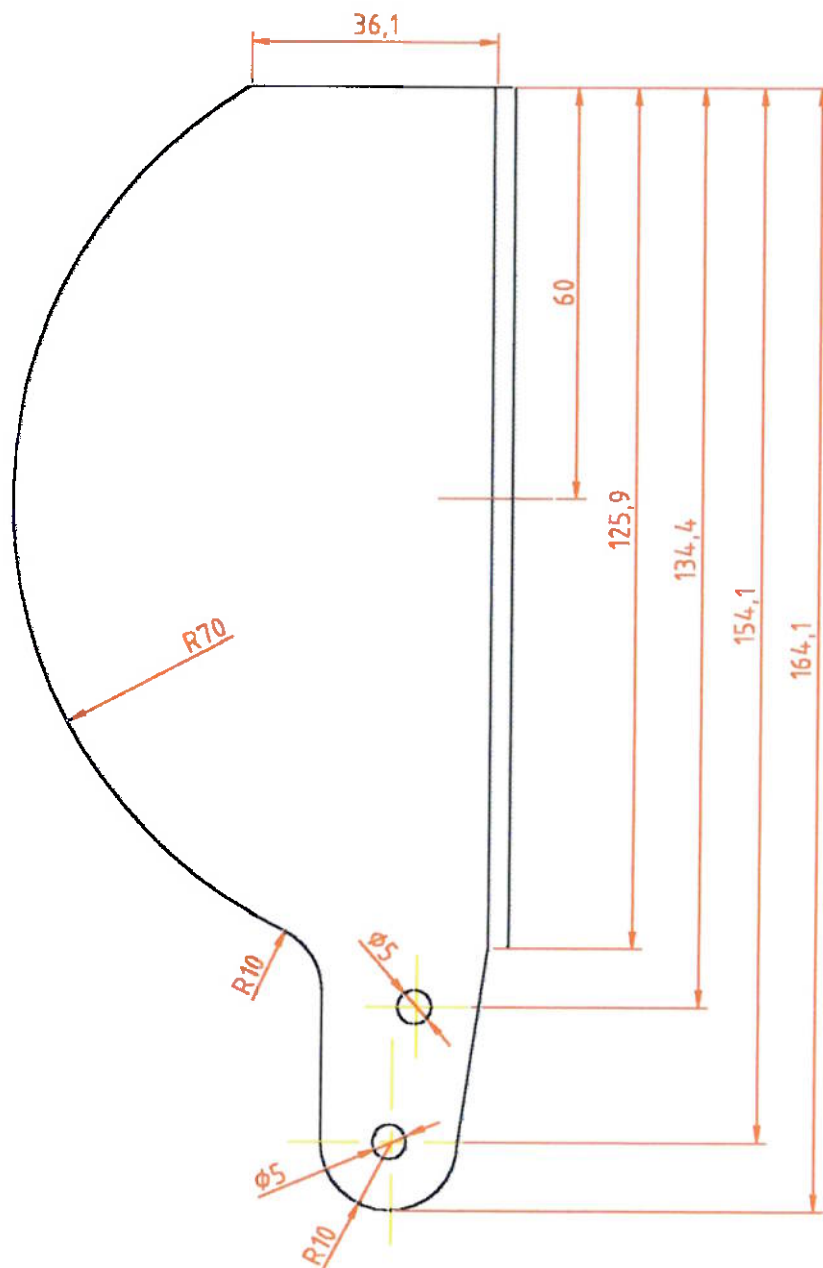
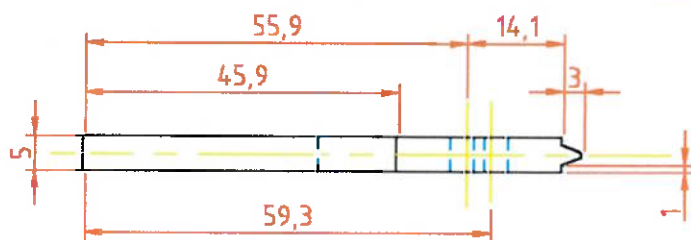
Item	Descrição
1	TAMPA TRASEIRA
2	JOELHO 90°
3	REDUÇÃO EXCÊNTRICA 1
4	REDUÇÃO EXCÊNTRICA 2
5	REDUÇÃO EXCÊNTRICA 3



Item:	Quant.:1	Material: PVC para todos	Total de itens =5
Desenhado por: DANIEL_CHU	Checado por: ROGÉRIO	Aprovado em: DMC-20/10/98	Filename: CAMARA_ASM
Data: 15/10/98		Escala: 1:2	
PMC-581		CÂMARA_COMPRESSÃO_CJ.	
DES_Nº_2.1		Edição 1	Folha 1/1

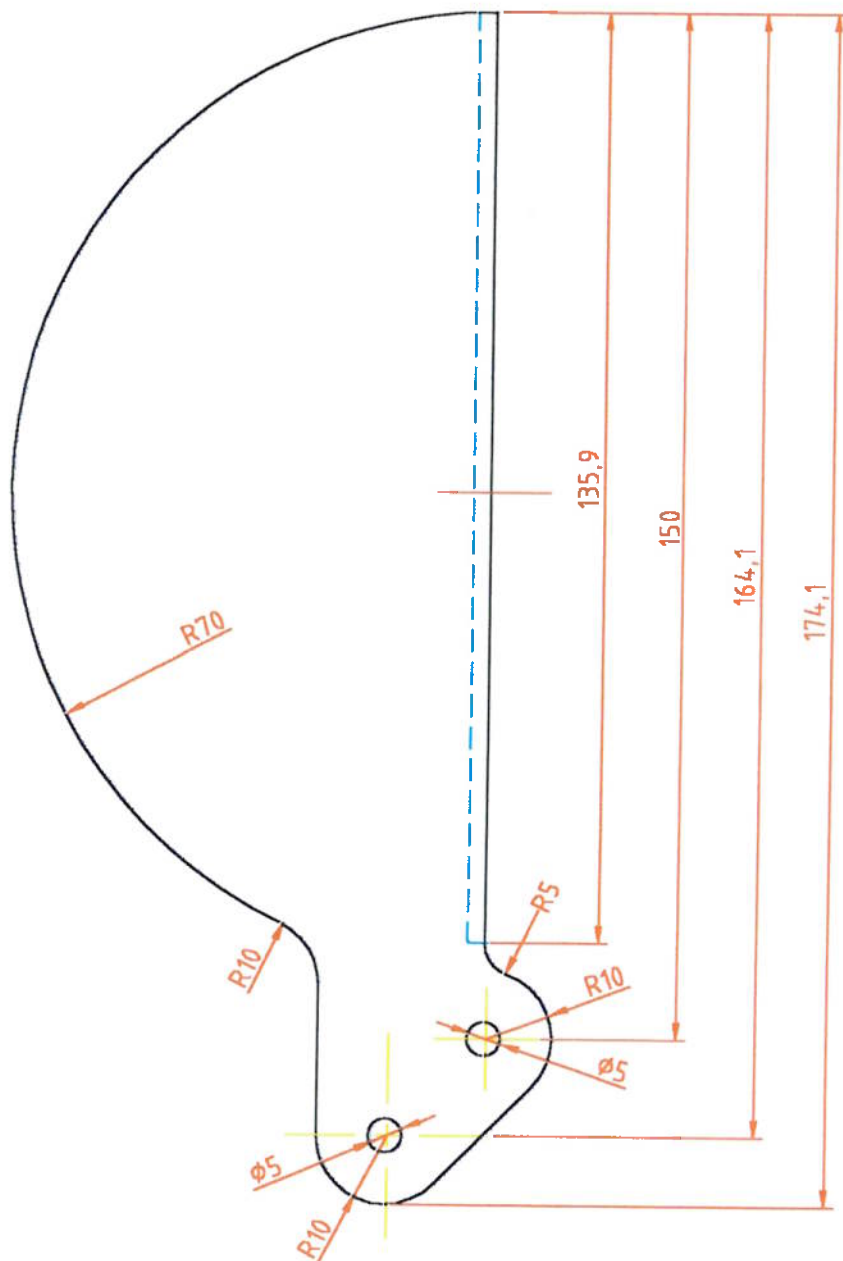
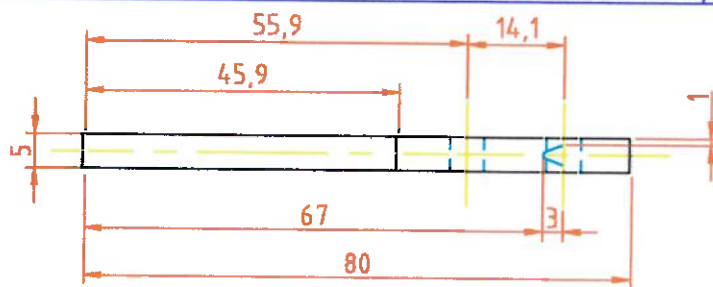


RevNo	Nota de Revisao	Data	Signature	Checked
-------	-----------------	------	-----------	---------

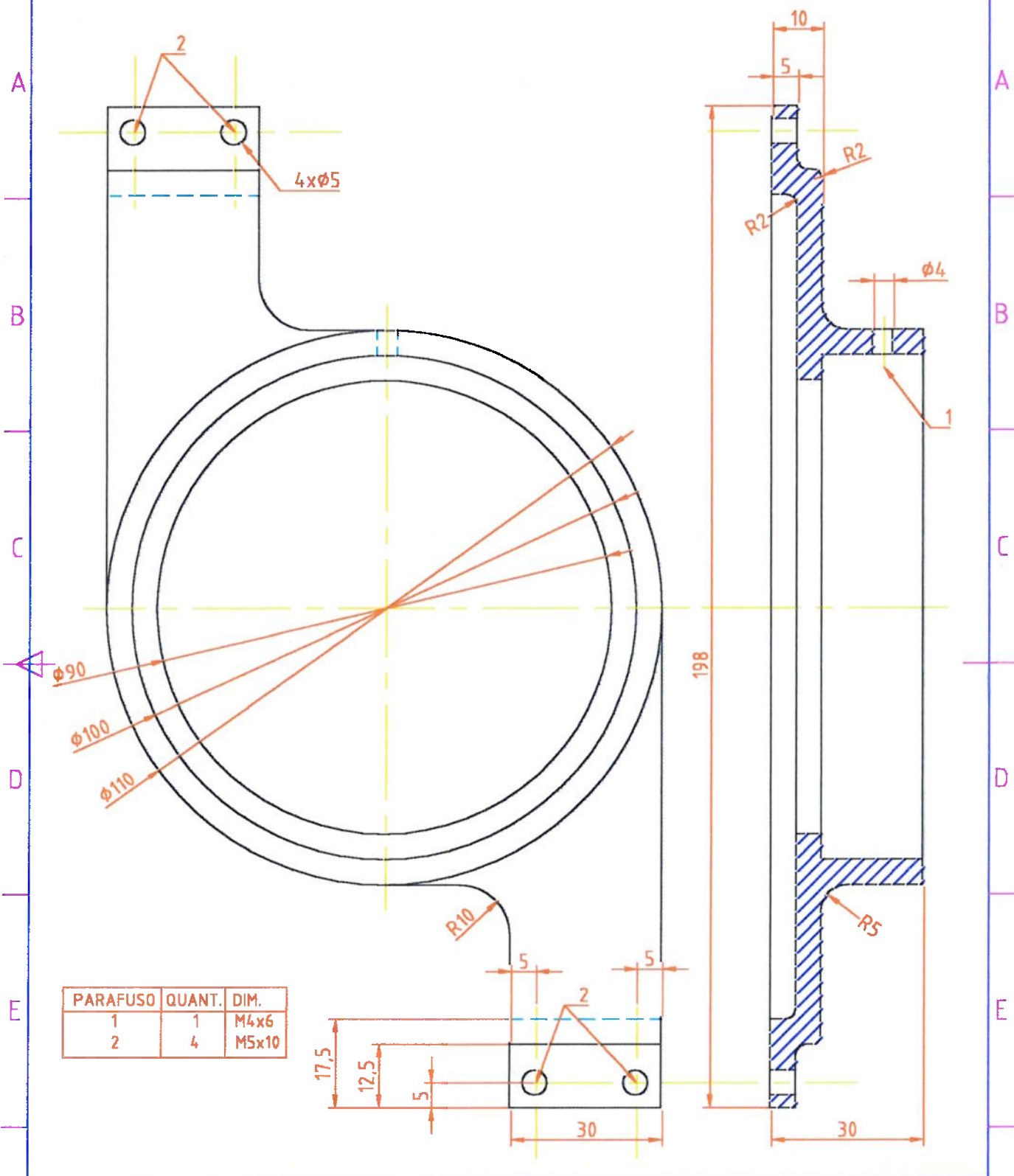


Item: 2.2	Quant.:1	Material: SAE 1045	Raios nao dimensionados=0.5		
Desenhado por DANIEL_CHU	Checado por: ROGÉRIO	Aprovado em: DMC-27/08/98	Filename TAMPAS.DWG	Data: 27/08/98	Escala: 1:1
PMC-581			TAMPA_SUPERIOR		
DES._N°_2.2				Edição 1	Folha 1/1

1	2	3	4
RevNo	Nota de Revisao	Data	Signature
			Checked



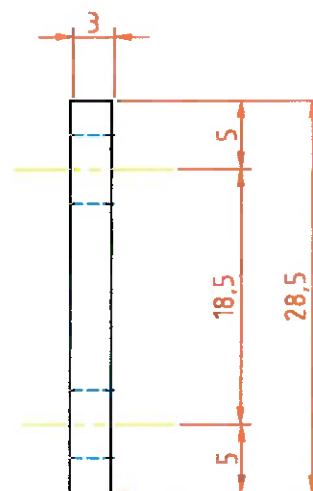
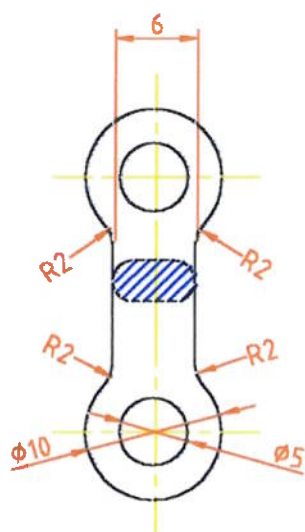
Item: 2.3	Quant.: 1	Material: SAE 1045	Raios não dimensionados=0.5		
Desenhado por DANIEL_CHU	Checado por: ROGÉRIO	Aprovado em: DMC-30/08/98	Filename TAMPA.DWG	Data: 27/08/98	Escala: 1:1
PMC-581			TAMPA_INFERIOR		
DES._N°_2.3			Edição 1	Folha 1/1	



PARAFUSO	QUANT.	DIM.
1	1	M4x6
2	4	M5x10

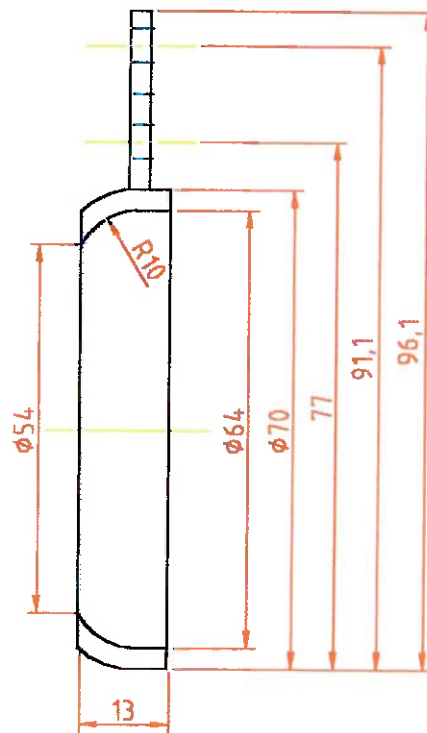
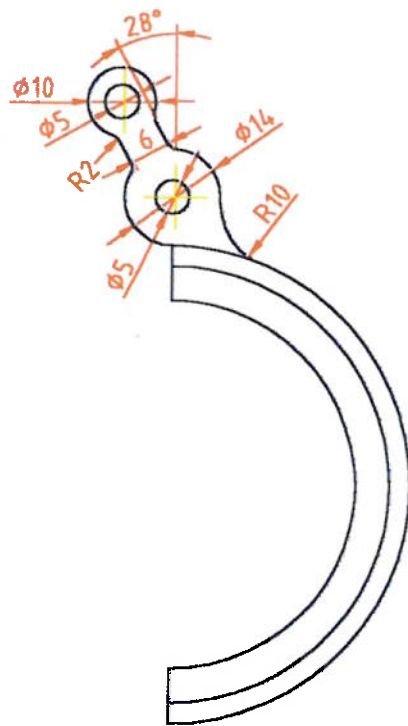
Item:	Quant.:1	Material: SAE 1010	Total de itens =6		
Desenhado por DANIEL_CHU	Checado por: ROGÉRIO	Aprovado em: DMC-10/12/98	Filename FIX_SUPORTE	Data: .....15/10/98	Escala: 1:1
PMC-581			SUPORTE_TAMPA		
			DRAWING_NUMBER 24	Edition EDITION	Folha SHEET

1	2	3	4
RevNo	Nota de Revisao	Data	Signature
			Checked

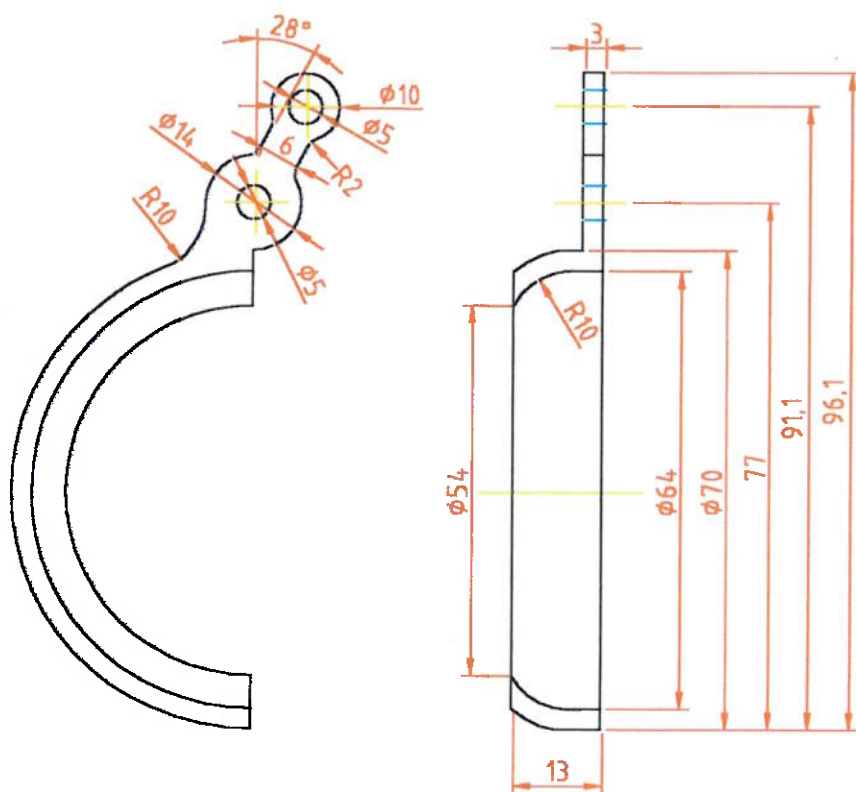


Item: 2.5	Quant.:2	Material: SAE 1045			
Desenhado por DANIEL_CHU	Checkado por: DANIEL_CHU	Aprovado em: DMC-12/12/98	Filename BRAC_BARRA	Data: .....26/10/98	Escala: 2:1
PMC-581			BARRA_ACIONAMENTO		
			DES._Nº2.5	Edition 1	Folha 1/1

1	2	3	4
RevNo	Nota de Revisao: Alterado em 28/10/98	Data	Signature Checked



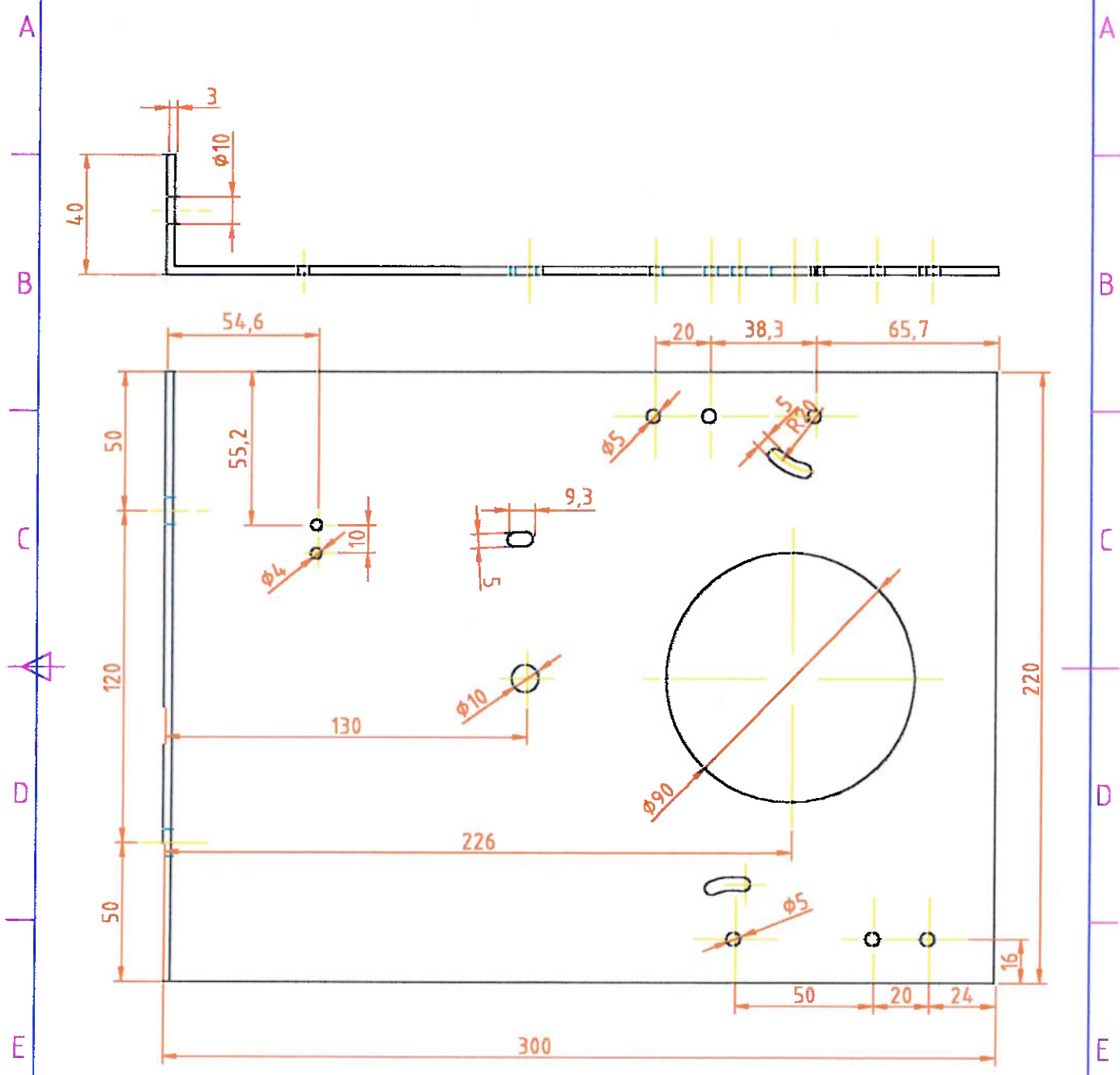
Item:2.6	Quant.:1	Material: SAE 1045			x	
Desenhado por DANIEL_CHU	Checado por: ROGÉRIO	Aprovado em: DMC-16/10/98	Filename BRAC_1.DWG	Data: .....15/10/98	Escala: 1:1	
PMC-581			BRAÇADEIRA_DIREITA			
DES._Nº_2.6				Edição 1	Folha 1/1	



Item:2.7	Quant.:1	Material: SAE 1045			projção 1º diedro	
Desenhado por DANIEL_CHU		Checado por: ROGÉRIO	Aprovado em: DMC-16/10/98	Filename BRAC_1.DWG	Data: .....15/10/98	Escala: 1:1
PMC-581				BRAÇADEIRA_ESQUERDA		
DES._N°_2.7				Edição 1	Folha 1/1	



1	2	3	4
RevNo	Nota de Revisao: Alterado em 28/10/98		Data
		Signature	Checked



Item: 2.10	Quant.: 1	Material: SAE 1045		projeção 1º diedro	
Desenhado por DANIEL_CHU	Checado por: ROGÉRIO	Aprovado em: DMC-16/10/98	Filename BRAC_1.DWG	Data: .....15/10/98	Escala: 1:2
PMC-581			BASE_DE_FIXAÇÃO		
DES. N° 2.10				Edição 1	Folha 1/1

Item: 2.11	Quant.: 1	Material: Plástico	Espessura = 5 mm		
Desenhado por DANIEL_CHU	Checado por: ROGÉRIO	Aprovado em: DMC-30/08/98	Filename ACIONADOR.DWG	Data: 27/08/98	Escala: 1:1

**BRAÇO\_ACIIONADOR**

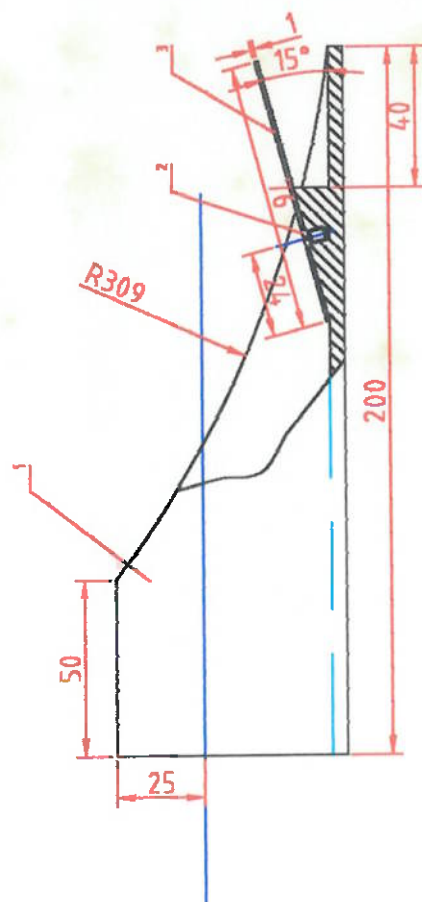
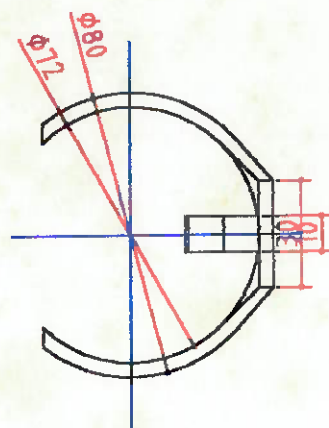
DES. Nº 2.11      Edição      Folha

BRAÇO ACIONADOR

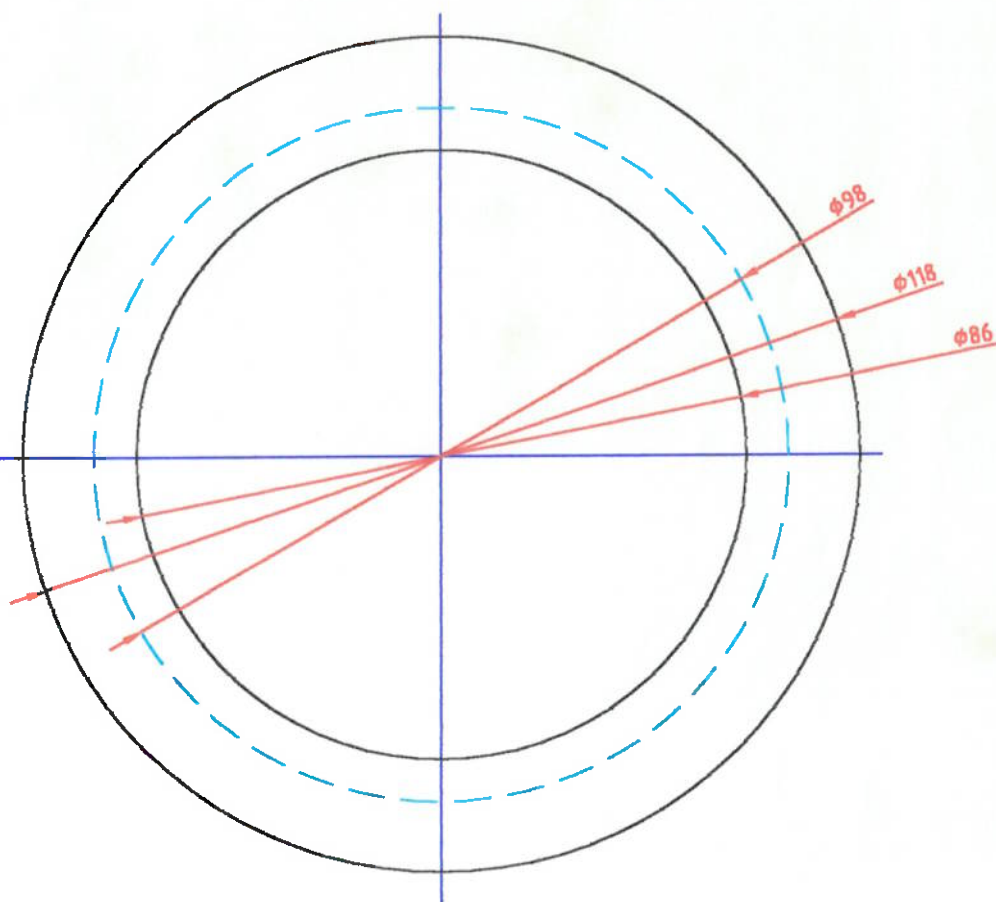
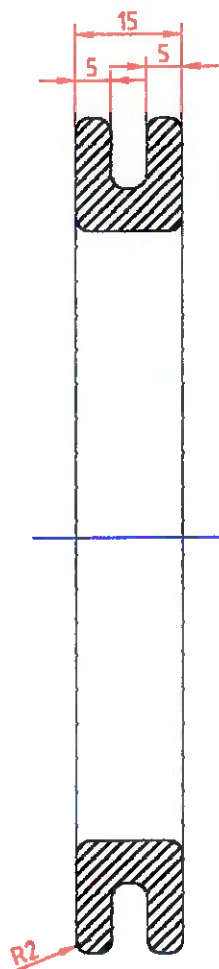
Edição  
1

Folha  
1/1

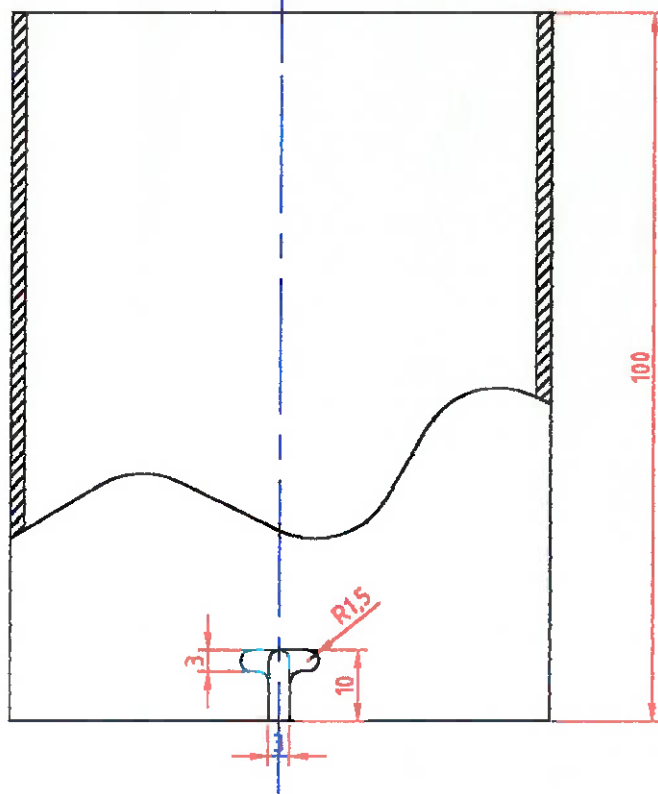
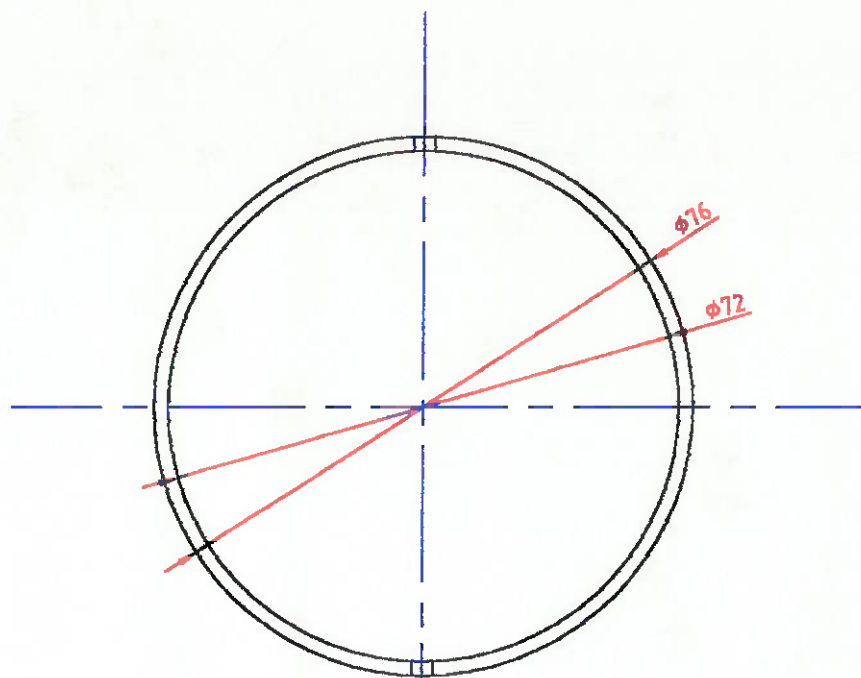




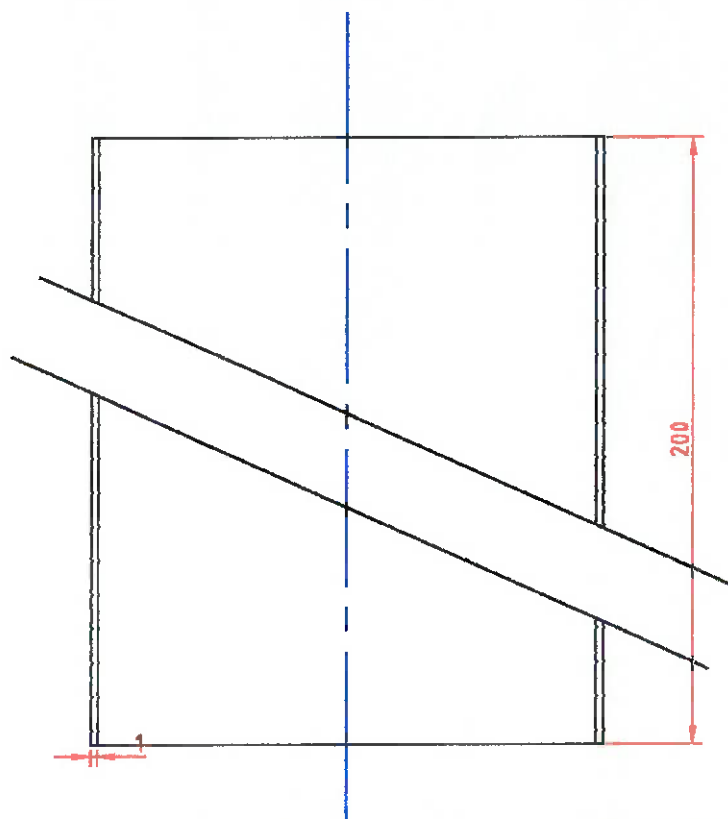
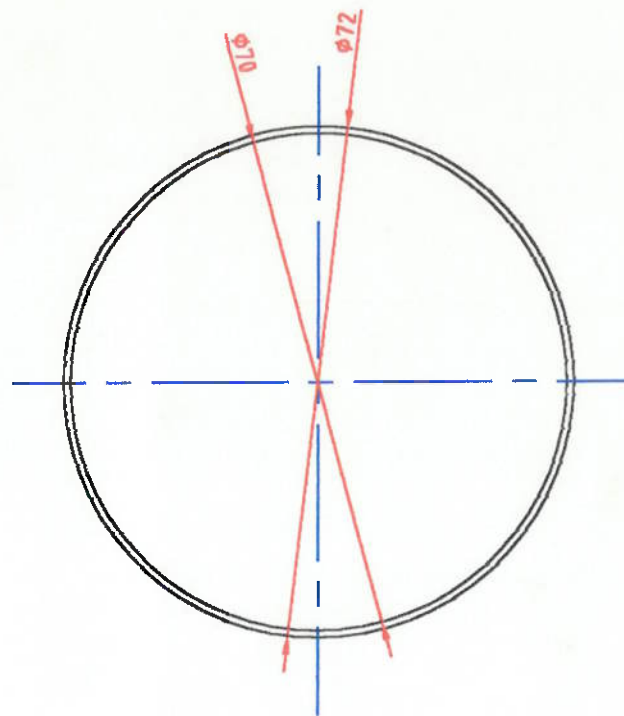
03	01	Palheta defletora		Aluminio	
02	01	Paraf. fenda M5x8		SAE 1010	
01	01	Tubo saida		FoFo	
Item	Quant	Descrição		Material	
Desenhado por: Rogerio		Verificado por: Daniel	Aprovado por - data RKC - 14/12/98	Arquivo: defletor.dwg	Data 14/12/98
PMC 581		Defletor p/ efeito na bola			
		DES Nº 4.1		Edição 0	Folha 1/1



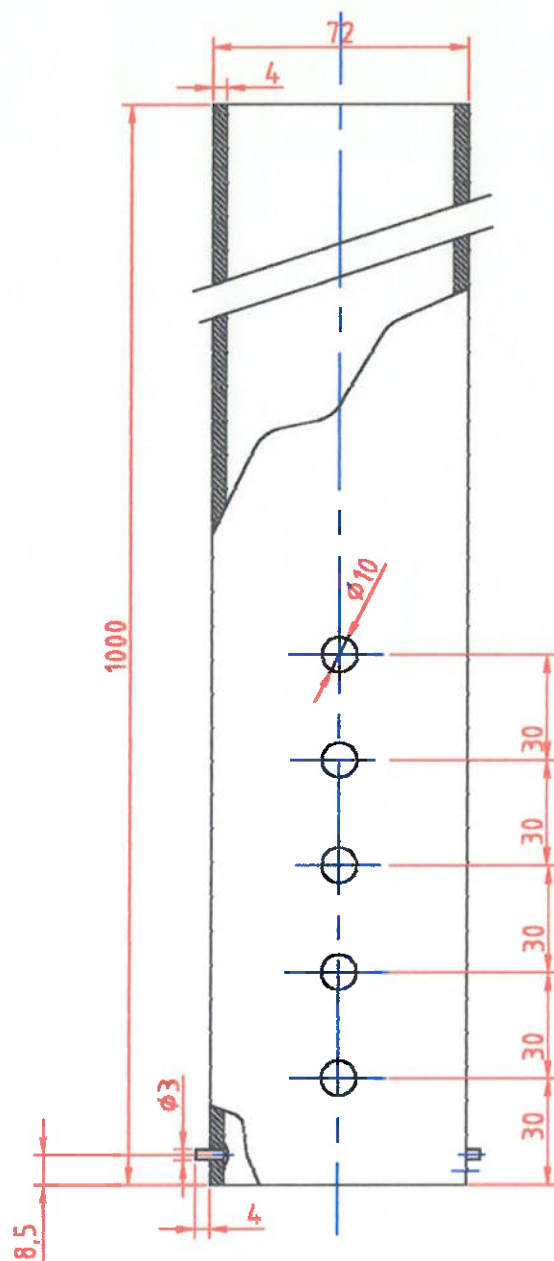
-	01	Fixador do flexível à estrutura			Borracha	
Item	Quant	Descrição			Material	
Desenhado por: Rogerio		Verificado por: Daniel	Aprovado por - data RKC - 14/12/98	Arquivo: fixaflex.dwg	Data 14/12/98	Escala 1:1
PMC 581				Fixador do flexível		
DES Nº 4.2					Edição 0	Folha 1/1



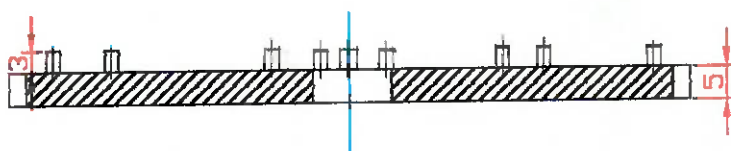
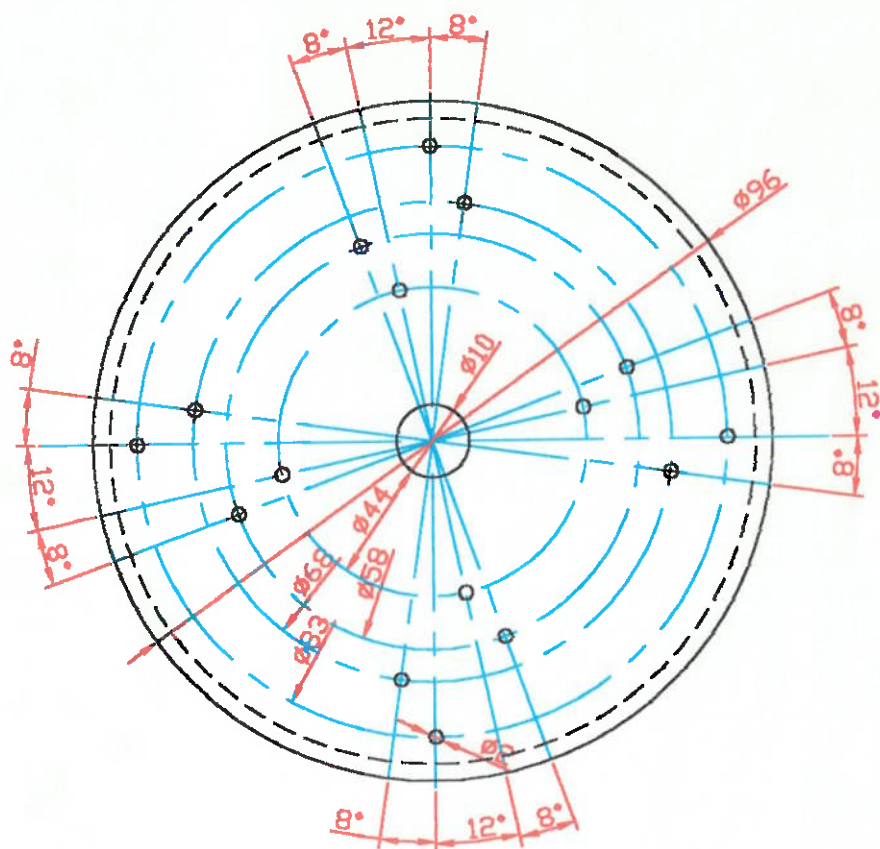
-	01	Tubo Fixador Flexível/Direcionador			Alumínio	
Item	Quant	Descrição			Material	
Desenhado por: Rogerio		Verificado por: Daniel	Aprovado por - data RKC - 11/12/98	Arquivo: luva.dwg	Data 11/12/98	Escala 1:1
PMC-581				Tubo Fixador		
				DES Nº 4.3	Edição 0	Folha 1/1



-	01	Tubo de regulagem pressão descarga			PVC	
Item	Quant	Descrição			Material	
Desenhado por: Rogerio		Verificado por: Daniel	Aprovado por - data RKC - 11/12/98	Arquivo: regulador.dwg	Data 11/12/98	Escala 1:1
PMC-581				Tubo Regulador de Veloc.		
DES Nº 4.4					Edição 0	Folha 1/1

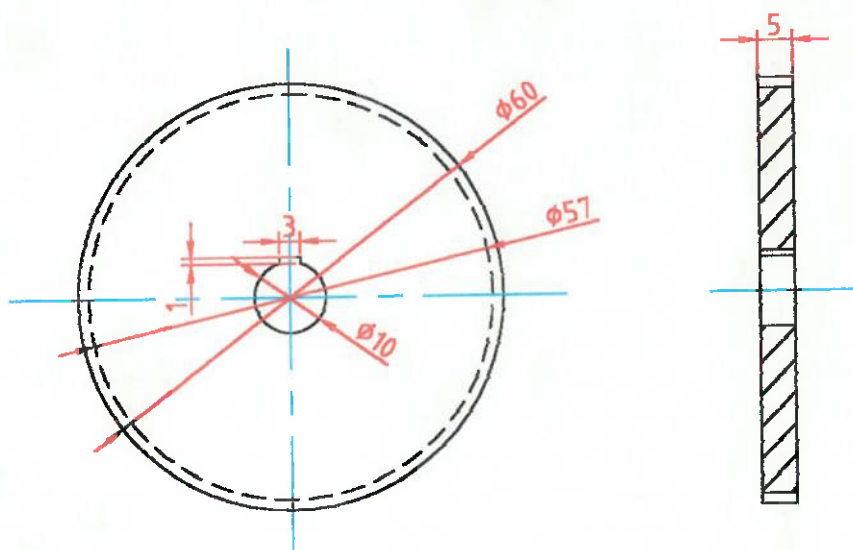


-	01	Canhão direcionador			PVC	
Item	Quant	Descrição			Material	
Desenhado por: Rogerio		Verificado por: Daniel	Aprovado por - data RKC - 11/12/98	Arquivo: tubo.dwg	Data 11/12/98	Escala 1:2
PMC-581				Canhão direcionador		
				DLS Nº 4.5		Edição 0



—	01	Disco de contr. dos solenóides			SAE 1010	
Item	Quant	Descrição			Material	
Desenhado por: Rogerio		Verificado por: Daniel	Aprovado por - data RKC- 12/12/98	Arquivo: disco.dwg	Data 12/12/98	Escala 1:1
PMC-581				Disco controle solenóides		
				DIS Nº 5.1		Edição 0





-	01	Disco de controle solenóides acopl. ao motor			SAE 1020	
Item	Quant	Descrição			Material	
Desenhado por: Rogerio		Verificado por: Daniel	Aprovado por - data RKC - 13/12/98	Arquivo: disco2.dwg	Data 13/12/98	Escala 1:1
PMC 581				Contr. solenóides - disco 2		
				DES Nº 5 2	Edição 0	Folha 1/1

1

2

3

4

A

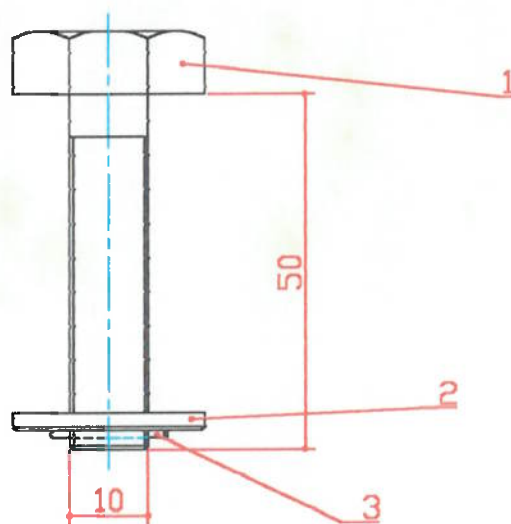
B

C

D

E

F



03	01	Contrapino 1x16 ABNT P-PB-171		SAE 1010		
02	01	Arroela 10x30 ABNT P-PB-173		SAE 1010		
01	01	Paraf. sup. disco contr. solen.		SAE 1010		
Item	Quant	Descrição		Material		
Desenhado por: Rogerio		Verificado por: Daniel	Aprovado por - data RKC- 12/12/98	Arquivo: sup_disc.dwg	Data 12/12/98	Escala 1:1
PMC-581			Suporte controle solenóides			
			DES Nº 5.3	Edição 0	Folha 1/1	

1

4





## 6. Referências Bibliográficas

- ARTOBOLEVSKI, I. I. *Mechanics in Modern Engineering Design*. Members, USSR, Academy of Sciences.
- CHIRONIS, N. P. *Mechanisms and Mechanical Devices Source Book*. New York, McGraw Hill, 1982.
- CHIRONIS, N. P. *Mechanisms, Linkages and Mechanical Controls*. New York, McGraw Hill, 1965.
- GREENWOOD, D. C. *Product Engineering Design Manual*. New York, Toronto, London. McGraw Hill, 1959
- PROVENZA, F. *Projetista de Máquinas*. Ed. Protec.
- TENNIS MAGAZINE. New York, Out. 1996.

### 6.1. Outras Fontes

Na internet:

- <http://www.playpro.com/tennis/lobster.html>
- <http://www.sportstutor.com>
- <http://engr.calvin.edu/courses/engr339/ace.htm>
- <http://www.wilsonsports.com>
- <http://www.colba.net>
- <http://www.mastersports.com>
- <http://www.west.net>



Em Manuais:

- Manual do proprietário Lob-Ster Tournament Model 401.
- Manual do proprietário Tennis Tutor Plus.



## **7. APÊNDICE**

### **Catálogos de Fabricantes**

# Motores Importados para Aplicações Industriais

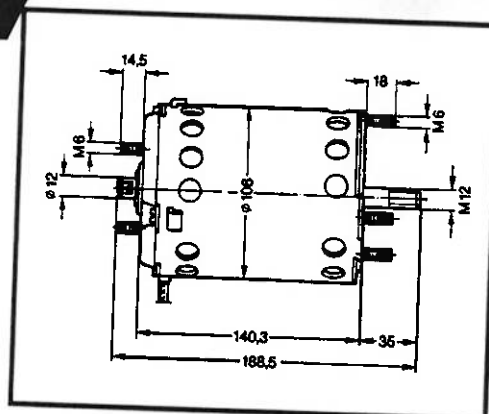


# BOSCH

**PEQUENOS  
MOTORES  
— PARA —  
GRANDES  
IDÉIAS**

## GPA 24 V 750 W

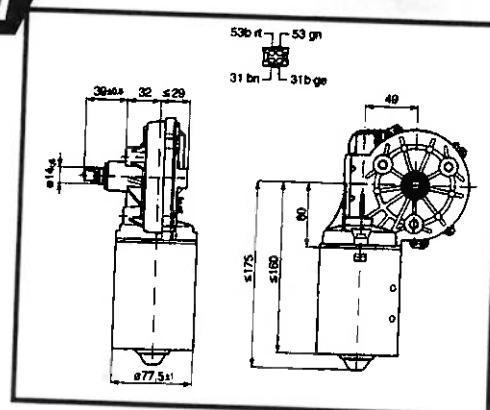
Tensão Nominal	24 VCC
Potência Nominal	750 W
Consumo Nominal	40 A
Rotação Nominal	3300 rpm
Torque Permanente	2,2 N.m
Torque Arranque	11,0 N.m
Sentido de Rotação	direita
Tipo de Serviço	S1
Proteção/Grau	IP 23
Peso	3,77 Kg
Código	0 130 302 013



## DDP 12 V 38/51 W

Tensão Nominal	12 VCC
Potência Nominal	38/51 W*
Consumo Nominal	8/8 A
Consumo Máximo	44/62 A
Rotação Nominal	36/61 rpm
Torque Permanente	10/8 N.m
Torque de Arranque	80/84 N.m
Desmultiplicação	2: 77
Sentido de Rotação	direita
Tipo de Serviço	S1
Proteção/Grau	IP 23
Peso	aprox. 2 Kg
Código	0 390 341 403

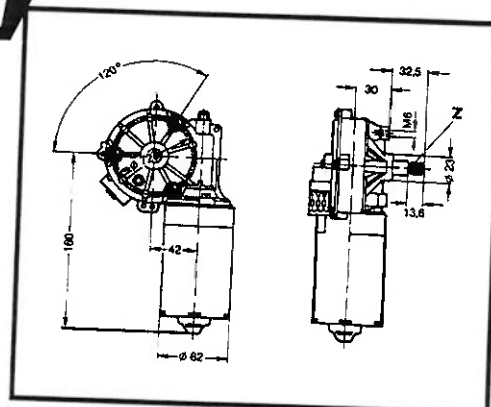
\*Rotação I e rotação II



## CDP 24 V 23/24 W

Tensão Nominal	24 VCC
Potência Nominal	23/24 W*
Consumo Nominal	4,5/5 A
Consumo Máximo	17/18 A
Rotação Nominal	22/38 rpm
Torque Permanente	10/6 N.m
Torque de Arranque	50/45 N.m
Desmultiplicação	1: 77
Sentido de Rotação	esquerda
Tipo de Serviço	S1
Proteção/Grau	IP 33
Peso	1,6 Kg
Código	0 390 242 400

\*Rotação I e rotação II





Tensão Nominal	24 VCC
Potência Nominal	0,05 W
Consumo Nominal	0,04 A
Consumo Máximo	0,11 A
Rotação Nominal	1,6 rpm
Torque Permanente	30 N.cm
Torque de Arranque	110 N.cm
Desmultiplicação	1: 1452
Sentido de Rotação	esquerda/direita
Tipo de Serviço	S1
Proteção/Grau	IP 50
Peso	0,2 Kg
Código	<b>0 390 727 009</b>



Tensão Nominal	24 VCC
Potência Nominal	0,16 W
Consumo Nominal	0,08 A
Consumo Máximo	0,15 A
Rotação Nominal	7 rpm
Torque Permanente	20 N.cm
Torque de Arranque	30 N.cm
Desmultiplicação	1: 244
Sentido de Rotação	esquerda/direita
Tipo de Serviço	S1
Proteção/Grau	IP 50
Peso	0,188 Kg
Código	<b>0 390 727 004</b>



Tensão Nominal	12 VCC
Vazão	0,75 dm <sup>3</sup> .min <sup>-1</sup>
Pressão	1,5 bar
Sentido de Rotação	esquerda
Tipo de Serviço	S2-1,5 min
Proteção/Grau	IP 54 A
Peso	0,09 Kg
Código	0 392 003 501



ROBERT BOSCH LIMITADA  
Rua Dr. Rubens Gomes Bueno, 478  
Cep 04730-901 - São Paulo - SP  
Tel.: (011) 547-5756 - Fax: (011) 547-5760



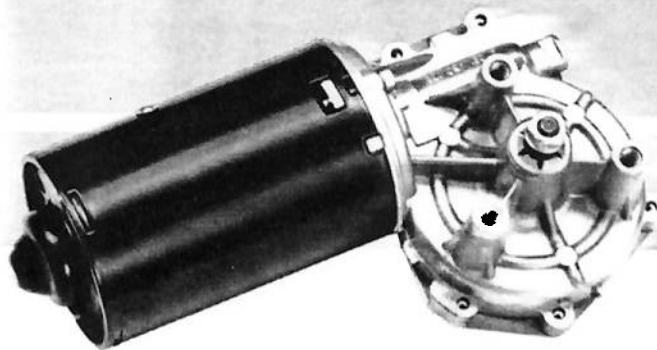
# BOSCH

A BOSCH oferece para fabricantes de máquinas e equipamentos uma linha completa de motores e motorreductores.

São mais de 100 modelos diferentes, consagrados pela indústria automobilística mundial e que também podem ser utilizados em dezenas de aplicações não automotivas, tais como:

- Mesas e cadeiras hospitalares
- Equipamentos agrícolas
- Aparelhos domésticos
- E nos mais variados tipos de máquinas e equipamentos.

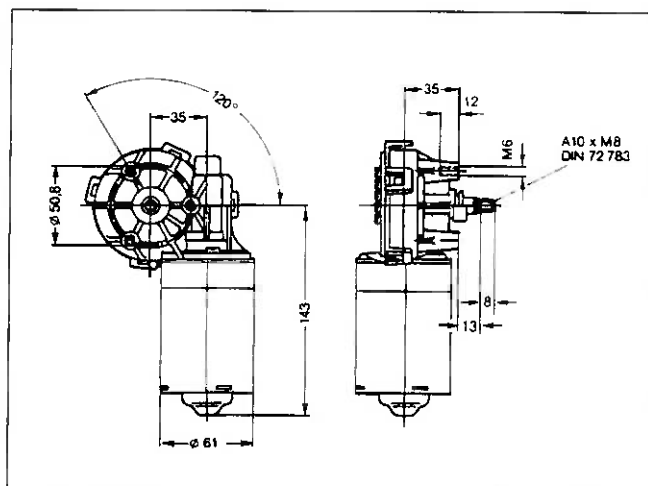
Se você necessita de motor elétrico para o seu produto, entre em contato com a BOSCH e solicite mais informações.



### Características Técnicas\*

Tensão dos Motores..... 12 VCC ou 24 VCC  
Consumo Nominal..... 7,5 A (conforme torque aplicado)  
Torque/Opções..... 13 a 25 Nm  
Sentido de Rotação..... horário ou anti-horário  
Velocidades..... 1 ou 2  
Rotações..... máximo 100 rpm

\* cada modelo de motor tem características específicas.



Quando é necessário alto torque e tamanho reduzido, os motorreduzidos tipo CEP representam o que há de

melhor atualmente. São aparelhos versáteis com várias opções de torque, rotação, tensão e consumo, que possibilitam inúmeras aplicações em máquinas e equipamentos cujos movimentos exijam um motor robusto com grande durabilidade.

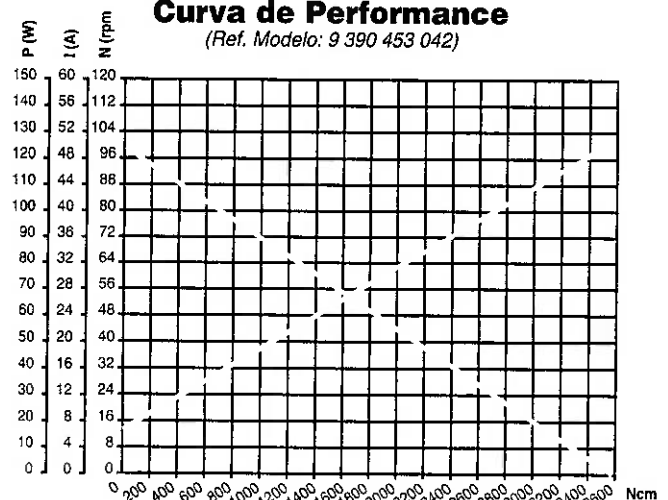
O seu sistema redutor é composto de engrenagem de Polioximetileno (Delrin 100) injetado diretamente no eixo, que faz com que o motor possa suportar trabalho contínuo com baixo índice de ruído.

Alguns modelos são dotados de sistema de parada automática que, após desenergizado o motor, faz com que a ponta do seu eixo pare sempre na mesma posição.

Além disso, também podem ser monitorados por sistema eletrônico para funcionamento intermitente, podendo também funcionar com sentido de rotação anti-horário.

### Curva de Performance

(Ref. Modelo: 9 390 453 042)



### Aplicações já Desenvolvidas

Camas hospitalares  
Cadeiras e mesas oftalmológicas  
Painéis de propaganda rotativos  
Máquinas para fabricação de velas  
Esteiras rolantes  
Máquinas de embalagens  
Máquinas gráficas

ROBERT BOSCH LIMITADA  
Rua Dr. Rubens Gomes Bueno, 478  
Cep 04730-901 - São Paulo - SP  
Tel.: (011) 547-5756 - Fax: (011) 547-5760



**BOSCH**

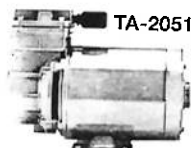
Nosso produto é tecnologia

# Articulating Piston Air Compressors (TA)

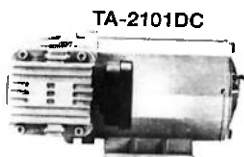
MODEL SERIES	MFG. CODE	HP	kW	MOTOR CAPACITY		@	COMPRESSOR PERFORMANCE																MAX. PRESSURE CONT. INT.						
							CFM @ PSI								LPM @ bar														
				VOLTAGE	TYPE		0	5	10	20	40	60	80	100	0	.5	1.0	1.5	2.0	3.0	5.0	7.0	PSI	bar	PSI	bar			
TA-1061	270026	1.2	.062	230/60/50/1	SPh	230/50	.95	.84	.73	.59	.35							26.9	22.3	18.8	16.0	13.3	8.2			60	4.1	60	4.1
TA-2101	270029	1.6	.124	230/60/50/1	SPh	230/50	.98	.91	.85	.75	.60	.49	.39	.25	27.7	25.0	22.7	20.8	19.4	16.4		11.2	6.8			100	7.0	100	7.0
TA-1V1	270027	1.2	.062	230/60/50/1	SPh																								
TA-1061	270000	1.2	.062	115/60/50/1	SPh	115/60	1.20	1.08	.95	.75	.40							33.9	28.9	24.3	20.3	16.6	9.5			60	4.1	60	4.1
ETA-2101	270051	1.6	.124	110/220/50/1	CS	220/50	1.25	1.12	1.10	1.00	.80	.68	.58	.48	35.3	31.4	29.8	27.8	25.7	22.1	17.0	13.4			100	7.0	100	7.0	
TA-2101	270004	1.6	.124	115/60/50/1	SPh	115/60	1.25	1.21	1.17	.95	.73	.60	.45	.35	35.3	33.7	30.3	26.3	23.8	20.1	14.0	9.7			100	7.0	100	7.0	
TA-2051	270028	1.6	.124	230/60/50/1	SPh	230/50	1.28	1.20	1.12	.96	.80				36.2	32.9	29.6	26.6	24.8	22.1					50	3.4	50	3.4	
TA-3101	270033	1.4	.186	110/220/50/1	CS	220/50	1.28	1.20	1.12	1.00	.82	.68	.57	.48	36.2	32.9	30.1	27.8	25.7	22.5	17.6	13.3			100	7.0	100	7.0	
TA-1V1	270016	1.2	.062	115/60/50/1	SPh																								
TA-2101DC	270046	1.6	.124	12v	PM	12v	1.40	1.32	1.25	1.10	.80	.60	.45	.35	39.6	36.4	33.3	30.3	27.2	21.6	14.0	9.7			100	7.0	100	7.0	
TA-2051	270013	1.6	.124	115/60/50/1	SPh	115/60	1.60	1.50	1.40	1.20	1.00				45.3	41.1	37.0	33.3	31.1	27.7					50	3.4	50	3.4	
TA-3101	270005	1.4	.186	115/230/60/1	CS	115/60	1.60	1.50	1.40	1.25	1.03	.85	.71	.60	45.3	41.1	37.6	34.7	32.3	28.3	22.0	16.7			100	7.0	100	7.0	
TA-3051	270031	1.4	.186	110/220/50/1	CS	220/50	1.60	1.54	1.48	1.36	1.20				45.3	42.8	40.3	38.1	36.4	33.1					50	3.4	50	3.4	
TA-3101DC	270024	1.4	.186	12v	PM	12v	1.70	1.62	1.55	1.40	1.18	1.00	.85	.70	48.1	44.9	41.8	39.0	36.8	32.5	25.7	19.3			100	7.0	100	7.0	
TA-2V1	270030	1.6	.124	230/60/50/1	SPh																								
TA-3052	270032	1.4	.186	110/220/240/50/1	CS	220/50	2.00	1.92	1.84	1.68	1.44				56.6	53.3	50.0	46.8	44.2	39.7					50	3.4	50	3.4	
TA-3051	270002	1.4	.186	115/230/60/1	CS	115/60	2.00	1.92	1.85	1.70	1.50				56.6	53.4	50.3	47.6	45.5	41.4					50	3.4	50	3.4	
TA-2V1	270017	1.6	.124	115/60/50/1	SPh																								
TA-4101DC	270025	1.3	.248	12v	PM	12v	2.20	2.07	1.95	1.75	1.45	1.25	1.10	.95	62.2	57.0	52.6	48.5	45.1	39.9	32.6	26.5			100	7.0	100	7.0	
TA-4101	270015	1.3	.248	115/60/1	CS/CR	115/60	2.20	2.12	2.05	1.90	1.65	1.45	1.25	1.10	62.2	59.1	56.0	53.1	50.4	45.6	37.5	30.8			100	7.0	100	7.0	
TA-3052	270006	1.4	.186	115/230/60/1	CS	115/60	2.50	2.40	2.30	2.10	1.80				70.7	66.6	62.5	58.6	55.3	49.6					50	3.4	50	3.4	
ETA-4102	270053	1.3	.248	110/220/240/50/1	CS	220/50	2.52	2.43	2.34	2.15	1.85	1.52	1.30	1.18	71.3	67.6	63.7	60.0	57.0	50.6	38.9	33.2			100	7.0	100	7.0	
TA-5102	270040	1.2	.373	110/220/240/50/1	CS	220/50	2.55	2.42	2.30	2.15	1.90	1.70	1.50	1.30	72.2	66.9	63.0	60.0	57.0	52.8	44.5	36.3			100	7.0	100	7.0	
TA-4102	270010	1.3	.248	115/230/60/1	CS	115/60	2.60	2.50	2.40	2.20	1.90	1.60	1.35	1.20	73.6	69.5	65.4	61.3	57.1	49.9	40.3	33.6			100	7.0	100	7.0	
TA-4052	270035	1.3	.248	110/220/240/50/1	CS	220/50	2.64	2.54	2.44	2.25	1.91				74.7	70.6	66.5	62.8	59.3	52.8					50	3.4	50	3.4	
TA-4051	270014	1.3	.248	115/60/1	CS/CR	115/60	2.80	2.72	2.65	2.45	2.10				79.2	76.1	72.4	68.4	65.0	57.7					50	3.4	50	3.4	
TA-3V2	270034	1.4	.186	110/220/240/50/1	CS																								
TA-5102	270011	1.2	.373	115/230/60/1	CS	115/60	3.20	3.05	2.90	2.68	2.40	2.10	1.90	1.65	90.6	84.4	79.3	74.9	71.2	66.5	55.4	46.2			100	7.0	100	7.0	
TA-4052	270007	1.3	.248	115/230/60/1	CS	115/60	3.30	3.17	3.05	2.80	2.40				93.4	88.2	83.0	78.2	74.1	65.9					50	3.4	50	3.4	
TA-4V2	270019	1.3	.248	110/220/240/50/1	CS																								
TA-5052	270039	1.2	.373	110/220/240/50/1	CS	220/50	3.40	3.30	3.20	3.00	2.65				96.2	92.1	88.0	83.9	79.8	73.5					50	3.4	50	3.4	
ETA-5102	270054	1.2	.373	110/220/240/50/1	CS/CR	220/50	3.40	3.30	3.20	3.00	2.65	2.30	2.05	1.85	96.2	92.1	88.0	84.1	80.8	73.4	60.3	51.9			100	7.0	100	7.0	
TA-6102	270042	2.4	.559	110/220/240/50/1	CS/CR	220/50	3.45	3.32	3.20	2.80	2.65	2.35	2.05	1.90	97.6	92.4	85.0	78.9	77.4	73.5	61.2	53.5			100	7.0	100	7.0	
TA-3V2	270018	1.4	.124	115/230/60/1	CS																								
ETA-6102	270055	3.4	.559	110/220/240/50/1	CS/CR	220/50	4.15	4.02	3.90	3.70	3.30	3.00	2.74	2.50	117.5	112.3	107.8	103.7	99.6	91.9	79.9	70.3			100	7.0	100	7.0	
TA-6052	270041	3.4	.559	110/220/240/50/1	CS/CR	220/50	4.15	4.05	3.95	3.70	3.40				117.5	113.4	108.5	103.9	100.9	95.7					50	3.4	50	3.4	
TA-4V2	270038	1.3	.248	115/230/60/1	CS																								
TA-6102	270042	3.4	.559	115/230/60/1	CS	115/60	4.30	4.15	4.00	3.75	3.30	2.95	2.60	2.40	121.7	115.5	109.9	104.4	100.0	91.9	76.7	67.7			100	7.0	100	7.0	
TA-5052	270008	1.2	.373	115/230/60/1	CS	115/60	4.30	4.17	4.05	3.75	3.30				121.7	116.5	110.8	104.9	100.2	91.4					50	3.4	50	3.4	
TA-6052	270009	3.4	.559	115/230/60/1	CS	115/60	5.20	5.05	4.90	4.65	4.25				147.2	141.0	135.4	130.3	125.2	119.8					50	3.4	50	3.4	
TA-7102	270045	1	.746	115/230/60/1	CS/CR	115/60	5.40	5.30	5.20	5.00	4.60	4.20	3.75	3.30	152.9	148.7	144.6	140.5	136.4	128.2	111.0	92.4			100	7.0	100	7.0	
TA-7052	270061	1	.746	115/230/60/1	CS/CR	115/60	9.80	9.20	8.60	7.70	6.40				277.4	252.8	232.0	214.2	198.8	175.2					50	3.4	50	3.4	
TA-8052	230062	1	1.116	115/230/60/1	CS/CR	115/60	10.40	10.00	9.60	8.90	8.00				294.4	278.0	262.9	249.0	236.7	221.5					50	3.4	50	3.4	
TA-8052	230064	1	1.116	208/230/460/60/50/3	POLY	230/50	10.40	10.00	9.60	8.90	8.00				294.4	278.0	262.9	249.0	236.7	221.5					50	3.4	50	3.4	

Capacitor Start CS LP - Capacitor Start Capacitor Run SP Shaded Pole PM Permanent Magnet POLY Polyphase PSC Permanent Split Capacitor

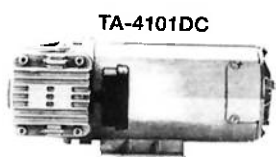
CS - Capacitor Start; CR - Capacitor Start/Capacitor Run; SP - Shaded Pole; PM - Permanent Magnet; POLY - Polyphase; PSC - Permanent Split Capacitor; SPh - Split Phase  
 15 is representative weight only.



TA-2051



TA-2101DC



TA-4101DC



TA-5052



# Vacuum Pumps (TA)

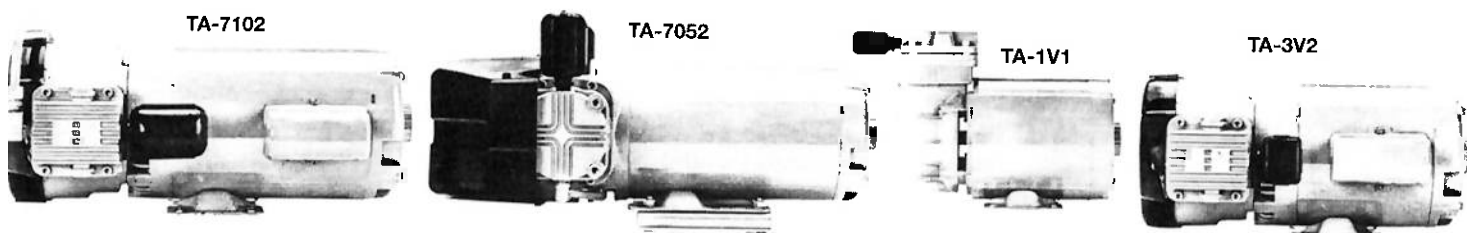
MODEL SERIES	@	VACUUM PERFORMANCE													MAX. VACUUM	
		CFM @ IN. HG.						LPM @ mbar (gauge)								
		0	5	10	15	20	25	0	-100	-200	-400	-600	-800	IN. HG.	mbar (gauge)	
TA-1061																
TA-2101																
TA-1V1	230/50	1.10	.82	.60	.40	.20		31.1	26.4	22.0	14.9	8.2	1.5	27.5	-931	
TA-1061																
ETA-2101																
TA-2101																
TA-2051																
TA-3101																
TA-1V1	115/60	1.35	1.05	.76	.50	.25	.05	38.2	33.2	28.2	18.8	10.3	2.9	27.5	-931	
TA-2101DC																
TA-2051																
TA-3101																
TA-3051																
TA-3101DC																
TA-2V1	230/50	1.72	1.40	1.00	.65	.36	.10	48.7	43.3	37.5	24.7	13.9	4.8	27.5	-931	
TA-3052																
TA-3051																
TA-2V1	115/60	2.15	1.70	1.25	.85	.50	.15	60.8	53.3	45.8	31.2	18.6	6.9	27.5	-931	
TA-4101DC																
TA-4101																
TA-3052																
ETA-4102																
TA-5102																
TA-4102																
TA-4052																
TA-4051																
TA-3V2	220/50	2.88	2.30	1.70	1.15	.65	.20	81.5	71.8	62.0	42.4	24.8	9.1	27.5	-931	
TA-5102																
TA-4052																
TA-4V2	115/60	4.20	3.35	2.55	1.75	1.00	.35	118.9	104.7	90.7	63.9	32.9	14.8	27.5	-931	
TA-5052																
ETA-5102																
TA-6102																
TA-3V2	115/60	3.60	2.90	2.17	1.45	.82	.25	101.9	90.2	78.3	54.0	31.3	11.5	27.5	-931	
ETA-6102																
TA-6052																
TA-4V2	220/50	3.36	2.65	2.00	1.35	.78	.25	95.1	83.2	71.7	49.4	29.4	11.2	27.5	-931	
TA-6102																
TA-5052																
TA-6052																
TA-7102																
TA-7052																
TA-8052																
TA-8052																

All TA Series models are manufactured in Monroe, Louisiana U.S.A.

# Specifications

WT.		H x W x L	
LBS.	KG.	IN.	MM
16.0	7.3	7.91 x 5.70 x 10.53	201 x 145 x 268
20.0	9.1	7.91 x 5.70 x 11.13	201 x 145 x 283
16.0	7.3	7.91 x 5.70 x 10.53	201 x 145 x 268
16.0	7.3	7.91 x 5.70 x 10.53	201 x 145 x 268
20.0	9.1	7.91 x 5.70 x 11.13	201 x 145 x 283
20.0	9.1	7.91 x 5.70 x 11.13	201 x 145 x 283
20.0	9.1	7.91 x 5.70 x 11.13	201 x 145 x 283
21.0	9.5	7.91 x 5.70 x 12.03	201 x 145 x 306
16.0	7.3	7.91 x 5.70 x 10.53	201 x 145 x 268
16.0	7.3	5.83 x 8.61 x 10.54	148 x 219 x 268
20.0	9.1	7.91 x 5.70 x 11.13	201 x 145 x 283
21.0	9.5	7.91 x 5.70 x 12.59	201 x 145 x 320
21.0	9.5	7.91 x 5.70 x 12.03	201 x 145 x 306
22.0	10.1	5.83 x 8.61 x 11.54	148 x 219 x 293
20.0	9.1	7.91 x 5.70 x 11.13	201 x 145 x 283
33.0	15.1	6.90 x 9.87 x 14.49	175 x 251 x 368
21.0	9.5	7.91 x 5.70 x 12.59	201 x 145 x 320
20.0	9.1	7.91 x 5.70 x 11.13	201 x 145 x 283
22.0	11.3	5.83 x 8.61 x 12.54	145 x 219 x 319
24.0	10.0	7.91 x 5.70 x 13.06	201 x 145 x 332
33.0	15.1	6.90 x 9.87 x 13.62	175 x 251 x 346
36.0	16.3	6.90 x 9.87 x 15.34	175 x 251 x 390
37.0	16.8	6.90 x 9.87 x 14.99	175 x 254 x 381
36.0	16.3	6.90 x 9.87 x 14.24	175 x 251 x 362
36.0	16.3	6.90 x 9.87 x 14.49	175 x 251 x 368
25.0	11.3	8.34 x 5.70 x 12.04	212 x 145 x 306
33.0	15.1	6.90 x 9.87 x 14.49	175 x 251 x 368
37.0	16.8	6.90 x 9.87 x 14.49	175 x 251 x 368
36.0	16.3	6.90 x 9.87 x 14.24	175 x 251 x 362
37.0	16.7	6.90 x 10.73 x 14.24	175 x 273 x 362
37.0	16.8	6.90 x 9.87 x 14.99	175 x 9.87 x 381
37.0	16.8	7.20 x 9.87 x 15.84	183 x 251 x 402
44.0	20.0	7.20 x 9.87 x 15.09	183 x 251 x 393
33.0	15.1	6.90 x 9.87 x 13.62	175 x 251 x 346
44.0	20.0	7.20 x 10.73 x 15.09	183 x 273 x 383
45.0	20.4	7.20 x 10.73 x 15.09	183 x 273 x 283
37.0	16.7	6.90 x 10.73 x 14.49	175 x 273 x 368
44.0	20.0	6.90 x 9.87 x 14.99	175 x 251 x 381
37.0	16.8	6.90 x 9.87 x 14.24	175 x 251 x 362
45.0	20.4	6.90 x 10.73 x 14.99	175 x 273 x 381
61.0	27.7	7.44 x 11.77 x 16.93	189 x 299 x 430
68.0	30.8	9.22 x 17.75 x 19.60	234 x 451 x 503
78.0	35.4	9.22 x 17.75 x 21.05	234 x 451 x 535
78.0	35.4	9.22 x 17.75 x 20.63	234 x 451 x 524

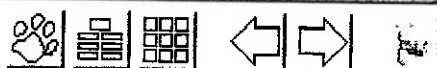
✦ Dimensions include filter.



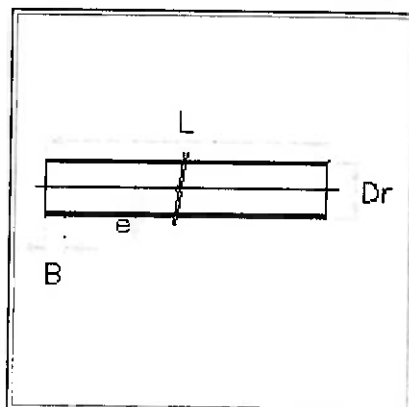


roscável

TIGRE



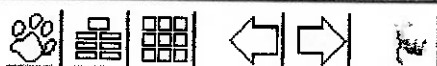
## BR01 - Tubo de PVC rígido roscável



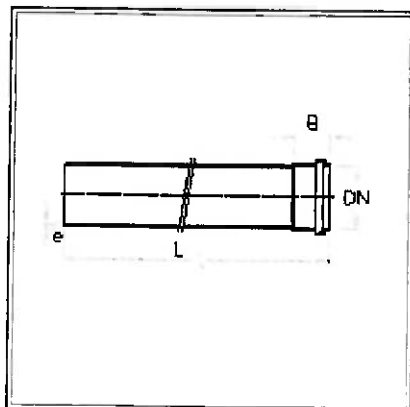
Bitolas		Dimensões			Massa	Código	Emb. Padr.
D Ref.	DE mm	L mm	B mm	e mm	kg/m		
1/2	21	6.000	15	2,6	0,215	10.00.185.4	10
3/4	26	6.000	16	2,9	0,310	10.00.188.9	10
1	33	6.000	19	3,5	0,475	10.00.190.0	10
1.1/4	42	6.000	22	3,7	0,640	10.00.192.7	10
1.1/2	48	6.000	22	4,4	0,870	10.00.194.3	5
2	60	6.000	22	4,7	1,165	10.00.196.0	5
2.1/2	75	6.000	29	4,7	1,500	10.00.199.4	3
3	88	6.000	31	4,8	1,770	10.00.201.0	3
4	113	6.000	36	5,0	2,400	10.00.206.0	1
5	139	6.000	40	5,5	3,400	10.00.210.9	1
6	164	6.000	40	5,0	3,750	10.00.490.0	1

esgoto S/N

TIGRE



## EG01 - Tubo de PVC rígido para esgoto sanitário série normal



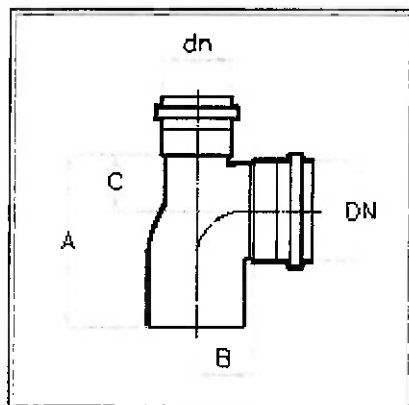
Bitolas		Dimensões			Massa	Código	Emb. Padr.
DN No.	DE mm	L mm	B mm	e mm	kg/m		
50	50,7	6.000	42	1,6	0,401	11.03.060.2	10
75	75,5	6.000	48	1,7	0,632	11.03.090.4	5
100	101,6	6.000	55	1,8	0,872	11.03.103.0	5

esgoto SIV

TIGRE



## EG06 - Joelho 90° com visita para esgoto sanitário

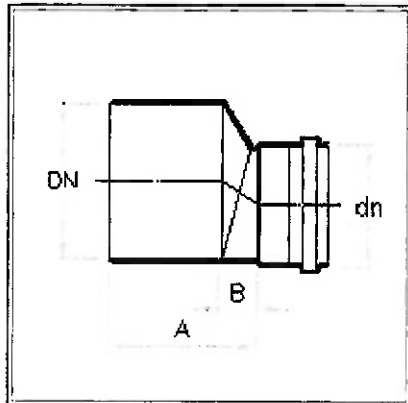


Bitolas		Dimensões			Massa	Código	Emb. Padr.
DN No.	dn no.	A mm	B mm	C mm	kg		
100	50	165	58	57	0,288	26.25.746.8	10

esgoto S/N

**TIGRE**

## EG09 - Redução excêntrica para esgoto sanitário



Bitolas		Dimensões		Massa	Código	Emb. Padr.
DN No.	dn no.	A mm	B mm	kg		
75	50	69	17,5	0,074	26.35.729.2	20
100	50	91	32,5	0,113	26.35.746.2	15
100	75	78	19,0	0,122	26.35.747.0	25

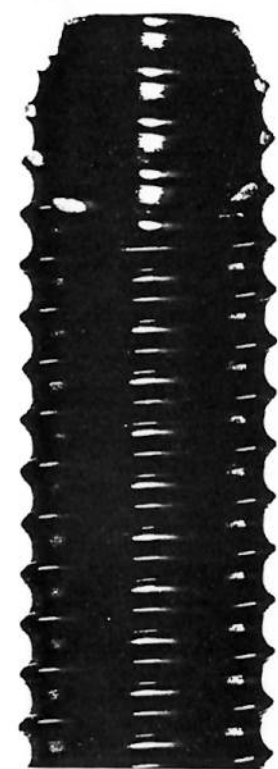
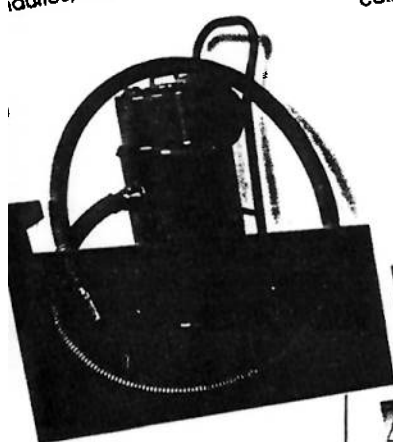
# Tubos em PVC flexível Kanaflex linha industrial

**Vácuo-ar (cinza com espiral verde)**  
Aplicação em aspiradores industriais, de postos de gasolina e exaustores. Condutos para vácuo-ar para acionamento de sistemas industriais. Resistente a choques, rasgões, etc.

**Vácuo-ar (cinza claro)**  
Extremamente leve e flexível. Utilizado para condutos de ar, ventilação industrial, exaustores industriais, coletores de pó, ar condicionado para escritórios, coifas de exaustão, etc.

**Atóxico (transparente com espiral branco)**  
Excelente para sucção e descarga de produtos alimentícios como cerveja, vinho, refrigerantes, aguardente, leite, etc. Sua face interna, totalmente lisa, não permite a fixação de resíduos, evitando toxicidade.

**Serviços leves (transparente com espiral verde)**  
Empregado nos mais diversos setores, como irrigação agrícola, implementos agrícolas, industriais e outros.



Vácuo-ar

TIPO  
**KEL-A**



Vácuo-ar

TIPO

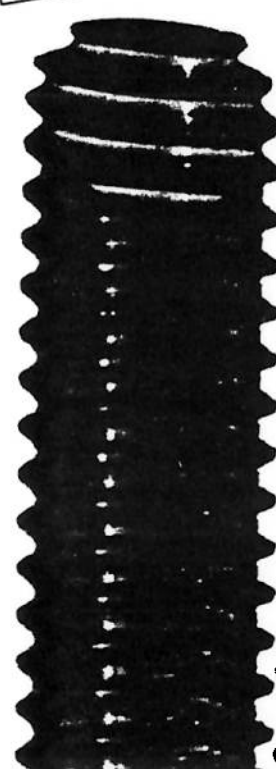
**KA**



Atóxico

TIPO

**KE**



Serviços leves

TIPO

# Especificações Técnicas

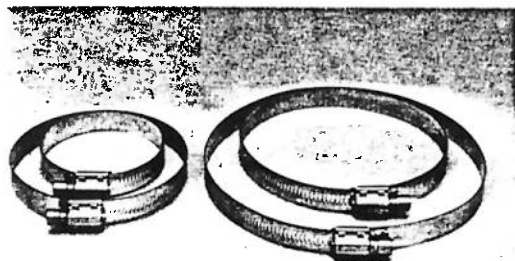
BITOLA (pol)	Ø EXTERNO (mm)	Ø INTERNO (mm)	ESPESSURA (mm)	CURVATURA (r = mm/25°C)	COMPRIMENTO (m)
1"	30.0 ± 1.0	25.0 ± 0.5	0.8 ± 0.2	30	50
1 1/4"	36.7 ± 1.0	31.5 ± 0.5	1.1 ± 0.2	35	50
1 1/2"	44.0 ± 1.0	38.0 ± 0.5	1.2 ± 0.2	40	50
2"	57.0 ± 1.5	50.0 ± 0.5	1.4 ± 0.2	60	50
2 1/2"	69.3 ± 1.5	61.0 ± 1.0	0.6 ± 0.2	175	50
3"	82.1 ± 1.5	74.3 ± 1.0	0.6 ± 0.2	245	50
4"	110.4 ± 2.0	101.3 ± 1.5	0.6 ± 0.2	290	50
5"	137.0 ± 2.0	125.0 ± 1.5	0.8 ± 0.2	290	30
6"	162.5 ± 2.0	149.0 ± 1.5	0.8 ± 0.2	490	30
8"	218.8 ± 2.0	204.5 ± 1.5	0.8 ± 0.2	590	30

BITOLA (pol)	Ø EXTERNO (mm)	Ø INTERNO (mm)	ESPESSURA (mm)	CURVATURA (r = mm/25°C)	COMPRIMENTO (m)
1"	31.5 ± 1.0	25.0 ± 0.5	0.6 ± 0.2	20	50
1 1/4"	38.5 ± 1.0	31.5 ± 0.5	0.6 ± 0.2	35	50
1 1/2"	45.5 ± 1.0	38.0 ± 0.5	0.8 ± 0.2	43	50
2"	59.4 ± 1.5	50.0 ± 1.0	0.8 ± 0.2	50	50
2 1/2"	72.0 ± 1.5	62.5 ± 1.0	0.8 ± 0.2	65	50
3"	85.0 ± 1.5	74.5 ± 1.0	1.0 ± 0.2	70	50
4"	113.0 ± 2.0	101.2 ± 1.5	1.0 ± 0.2	85	50
5"	140.0 ± 2.0	127.0 ± 1.5	1.0 ± 0.2	105	30
6"	163.5 ± 2.0	149.0 ± 1.5	1.0 ± 0.2	125	30
8"	219.5 ± 2.0	204.0 ± 1.5	1.0 ± 0.2	170	30
10"	267.2 ± 2.0	254.0 ± 1.5	1.1 ± 0.2	300	30

BITOLA (pol)	Ø EXTERNO (mm)	Ø INTERNO (mm)	ESPESSURA (mm)	PRESSÃO MÁXIMA (lib/polz)	Pressão trabalho (lib/polz = kg/cm²)	CURVATURA (r = mm/25°C)	COMPRIMENTO (m)
1"	32.0 ± 1.0	25.0 ± 0.5	2.8 ± 0.3	330	110 = 7.59	68	50
1 1/4"	39.0 ± 1.0	31.5 ± 0.5	3.3 ± 0.3	300	100 = 6.90	88	50
1 1/2"	46.0 ± 1.0	38.5 ± 0.5	3.7 ± 0.4	285	95 = 6.55	90	50
2"	59.5 ± 1.5	50.0 ± 1.5	4.7 ± 0.4	285	95 = 6.55	140	50
2 1/2"	73.0 ± 1.5	62.5 ± 1.5	5.2 ± 0.5	285	95 = 6.55	160	50
3"	86.0 ± 1.5	74.5 ± 1.5	5.5 ± 0.5	285	95 = 6.55	200	50

BITOLA (pol)	Ø EXTERNO (mm)	Ø INTERNO (mm)	ESPESSURA (mm)	PRESSÃO MÁXIMA (lib/polz)	Pressão trabalho (lib/polz = kg/cm²)	CURVATURA (r = mm/25°C)	COMPRIMENTO (m)
1"	31.6 ± 1.0	25.0 ± 0.5	1.1 ± 0.2	210	70.0 = 4.83	125	50
1 1/4"	37.8 ± 1.0	31.5 ± 0.5	1.2 ± 0.2	180	60.0 = 4.21	160	50
1 1/2"	45.6 ± 1.0	38.0 ± 0.5	1.4 ± 0.2	180	60.0 = 4.21	190	50
2"	58.7 ± 1.0	50.0 ± 1.0	2.0 ± 0.2	180	60.0 = 4.21	250	50

- Fabricados em PVC rígido e flexível, 100% puro, virgem, e flexibilizante de altíssima qualidade.
- Face interna totalmente lisa. • Utilização em temperaturas de -5°C a 70°C contínuos.



## Linha completa de abraçadeiras especiais para tubos Kanaflex.

### Kanamicro e Kanaflexil

Indicadas para tubos flexíveis Kanaflex que trabalham sob baixa pressão.

# Kanaflex

INDÚSTRIA DE PLÁSTICOS LTDA.  
Rua Des. Armando Fairbanks, 184 - Butantã  
CEP 05501 - São Paulo - SP  
Tel.: (011) 815-4544 (tranco chave)  
Telex: (011) 34342 KANA-BR

Revendedor



# Abraçadeira "Flexil"

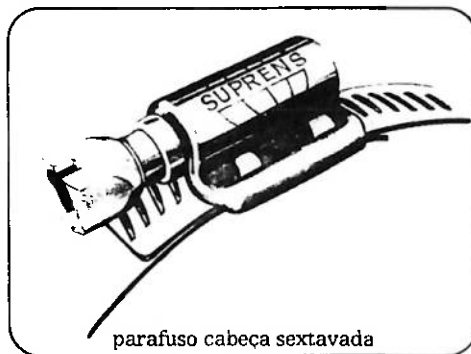
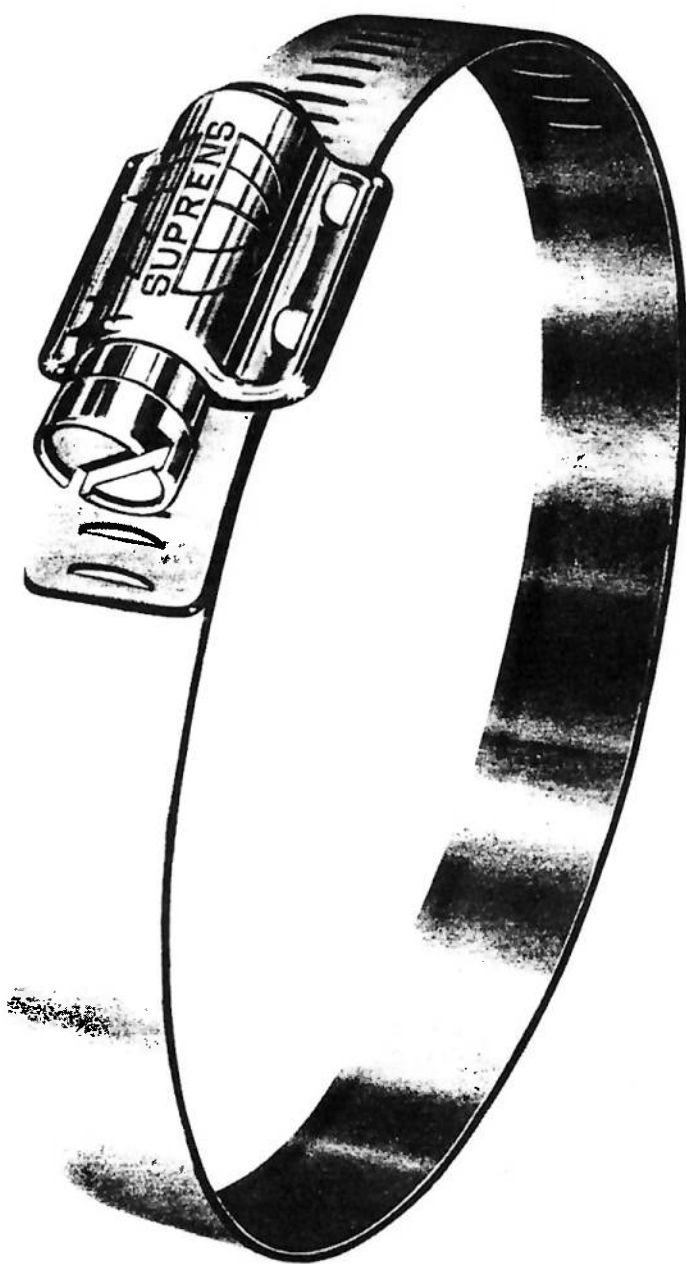
No seu gênero, as abraçadeiras "Flexil" são as mais conhecidas.

Fabricadas com matéria prima da melhor qualidade, suas características técnicas atendem às exigências da norma SAE.

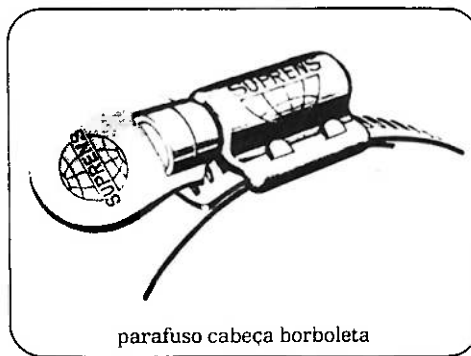
Possuem sistema "rosca-sem-fim", com parafusos de 10 fios por polegada.

Como todos os produtos Suprens, as abraçadeiras "Flexil" apresentam, juntamente com o mais eficiente desempenho, um alto nível de qualidade e ótimo acabamento.

Disponíveis em aço carbono SAE-1010/20 ou em aço inoxidável AISI-série 300.



parafuso cabeça sextavada

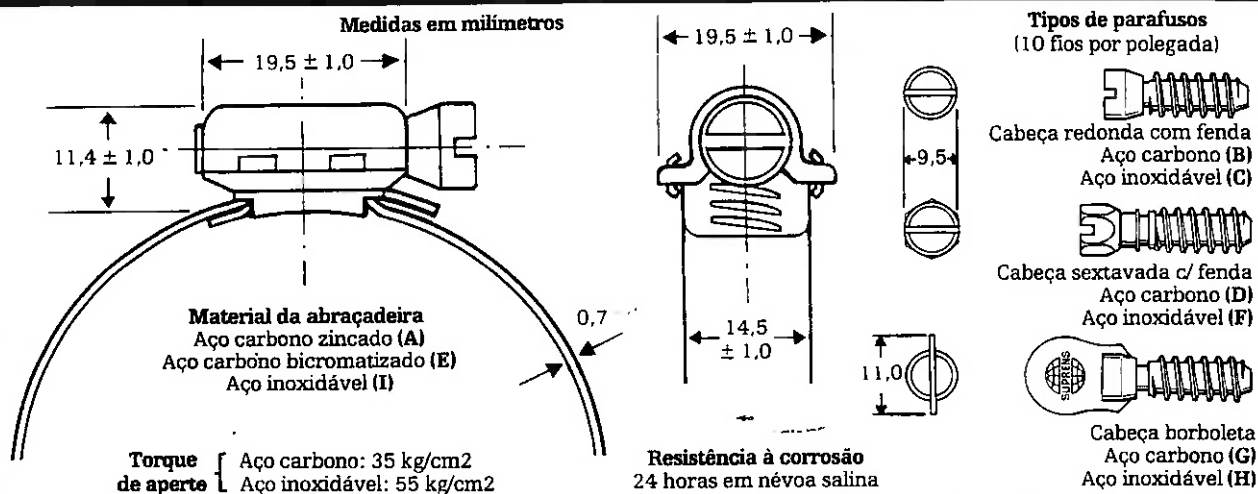


parafuso cabeça borboleta

Suprens é garantia de qualidade



# Dados Técnicos

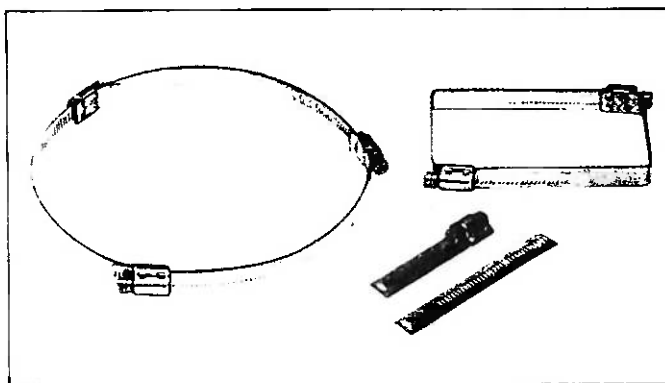


N/Nº	DIÂMETROS			
	MILÍMETROS		POLEGADAS	
	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO
1319	13	19	1/2	3/4
1422	14	22	9/16	7/8
1927	19	27	3/4	1 1/16
2232	22	32	7/8	1 1/4
2538	25	38	1	1 1/2
3244	32	44	1 1/4	1 3/4
3851	38	51	1 1/2	2
4457	44	57	1 3/4	2 1/4
5164	51	64	2	2 1/2
5770	57	70	2 1/4	2 3/4
5776	57	76	2 1/4	3
6483	64	83	2 1/2	3 1/4
7089	70	89	2 3/4	3 1/2
7695	76	95	3	3 3/4
83102	83	102	3 1/4	4
89108	89	108	3 1/2	4 1/4
102121	102	121	4	4 3/4
114133	114	133	4 1/2	5 1/4
127146	127	146	5	5 3/4
140159	140	159	5 1/4	6 1/4
152171	152	171	6	6 3/4
165184	165	184	6 1/4	7 1/4
178197	178	197	7	7 3/4
191210	191	210	7 1/2	8 1/4
203222	203	222	8	8 3/4
216235	216	235	8 1/4	9 1/4
229248	229	248	9	9 3/4
241260	241	260	9 1/2	10 1/4

\* Medidas não constantes desta tabela poderão ser executadas mediante consulta.

## Aproveitamento múltiplo

São inúmeras as possibilidades de aproveitamento das Abraçadeiras "Flexil" da Suprens, nas mais diferentes aplicações. Sendo preciso, você pode montá-las conjugadas em variadas formas, para atender às necessidades de sua empresa.



## Exemplo para identificação da peça

Ao fazer o seu pedido, especifique corretamente a peça desejada. Veja no exemplo abaixo como identificá-la.

ABRAÇADEIRA F A B 1319

Tipo da abraçadeira (F)  
 Material da abraçadeira (A, E, ou I)  
 Tipo do parafuso (B, C, D, F, G, ou H)  
 Diâmetro da abraçadeira (veja tabela)

O exemplo acima refere-se a: Abraçadeira do tipo "F", em aço carbono zincado (A), com parafuso cabeça redonda (B), para diâmetro de 13 a 19 mm.



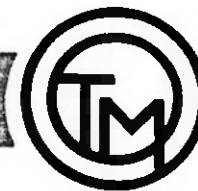
**METALÚRGICA SUPRENS LTDA.**

Acesso a Av. Otaviano Alves de Lima, 109 (Ponte do Limão)  
 Fone: PBX 857-7400 - CEP 02518 - Cx. Postal 1066 - S. Paulo - SP - Brasil  
 Telex (011) 31389 - MESL-BR - End. Telegráfico: "METALSUPRENS"

F107910000



# TERMICOM



RES  
KB

DAS K  
ICÇÃO  
RONZE

signação

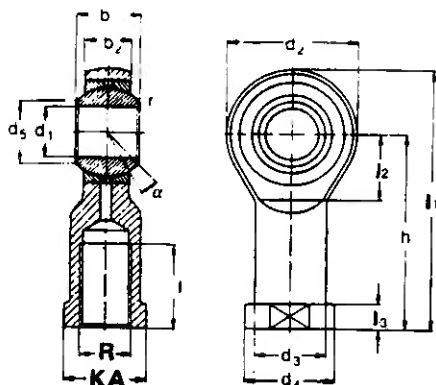
F 3 KB  
F 5 KB  
F 6 KB

F 8 KB  
F 10 KB  
F 12 KB

F 14 KB  
F 16 KB  
F 18 KB

F 20 KB  
F 22 KB  
F 25 KB

F 30 KB



## TERMINAIS ROTULARES TIKF..KA

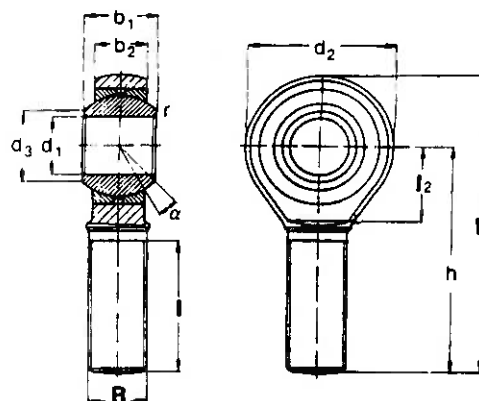
DIN 648 — SÉRIE DE MEDIDAS K  
SUPERFÍCIE DE FRICÇÃO  
AÇO/AÇO

Dimensões m/m																ângulo inclin. $\alpha$ graus	Capc. de Carga		Pêso	Designação
$d_1$	$b_1$	$r$	$h$	$R$	$l$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$b_2$	$d_1$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	KA		Dinâm. C	Estát. $C_0$	kg	TIKF__KA
5	8	0,5	27	M 5	10	18	8,5	11	7,7	6	5	36	10	4	9	130	1,56	6,55	0,021	TIKF 5 KA
6	9	0,5	30	M 6	12	20	10	13	8,9	6,75	6	40	11	5	11	130	2	7,8	0,031	TIKF 6 KA
8	12	0,5	36	M 8	16	24	12,5	16	10,3	9	8	43	13	5	14	140	3,35	12	0,052	TIKF 8 KA
10	14	0,8	43	M 10	20	28	15	19	12,9	10,5	10	57	15	6,5	17	130	4,75	19	0,090	TIKF 10 KA
12	16	0,8	50	M 12	22	32	17,5	22	15,4	12	12	66	17	6,5	19	130	6,3	26,5	0,130	TIKF 12 KA
14	19	0,8	57	M 14	25	36	21	26	16,8	13,5	14	75	18	8	22	160	8	32	0,190	TIKF 14 KA
16	21	0,8	64	M 16	28	42	22	28	19,3	15	16	85	20	8	22	150	10	36	0,250	TIKF 16 KA
20	25	0,8	77	M 20x1,5	33	50	27,5	35	24,3	18	20	102	26	10	30	140	14,8	49,6	0,390	TIKF 20 KA

Ex: p/pedido  $d_1 = 12 \rightarrow$  TIKF 12 KA, c/rosca esquerda  $\rightarrow$  TIEKF 12 KA  
Outras medidas ou construções poderão ser atendidas mediante consultas

## TERMINAIS ROTULARES TEKF..KA

DIN 648 — SÉRIE DE MEDIDAS K  
SUPERFÍCIE DE FRICÇÃO  
AÇO/AÇO

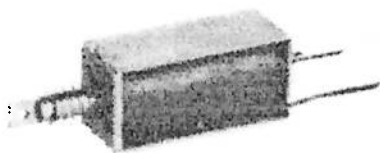


Dimensões m/m												ângulo inclin. $\alpha$ graus	Capc. de Carga Dinâm. C Estát. C <sub>0</sub> KN(tN = 0.102kgf)		Pêso kg	Designação
d <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	r	h	R	l	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>					TEKF__ KA
5	8	0,5	33	M 5	19	18	7,7	6	5	42	10	13º	1,56	6,55	0,015	TEKF 5 KA
6	9	0,5	36	M 6	21	20	8,9	6,75	6	46	11	13º	2	7,8	0,021	TEKF 6 KA
8	12	0,5	42	M 8	25	24	10,3	9	8	54	13	14º	3,35	12	0,041	TEKF 8 KA
10	14	0,8	48	M 10	28	28	12,9	10,5	10	62	15	13º	4,75	19	0,078	TEKF 10 KA
12	16	0,8	54	M 12	32	32	15,4	12	12	70	17	13º	6,3	26,5	0,110	TEKF 12 KA
14	19	0,8	60	M 14	36	36	16,8	13,5	14	78	18	16º	8	32	0,160	TEKF 14 KA
16	21	0,8	66	M 16	37	42	19,3	15	16	87	21	15º	10	36	0,210	TEKF 16 KA
20	25	0,8	78	M 20x1,5	45	50	24,3	18	20	103	26	14º	14,8	49,6	0,320	TEKF 20 KA

Ex: p/pedido  $d_1 = 8 \rightarrow$  TEKF 8 KA, c/rosca esquerda  $\rightarrow$  TEEKF 8 KA  
Outras medidas ou construções poderão ser atendidas mediante consultas.

# Nossos Produtos

## Solenóides



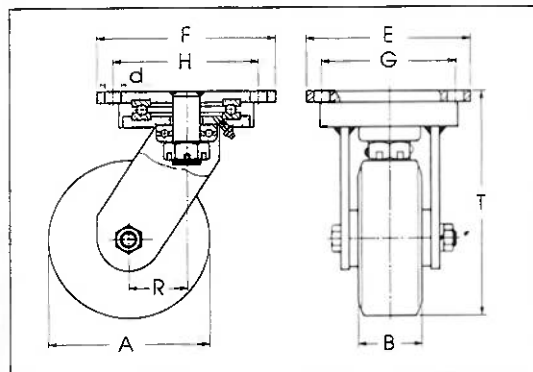
Dimensões C x L x H mm	38 x 18 x 16
Tensão Nominal da bobina	12 e 24 VCC
Consumo	3 e 7 W
Terminais	Cabos Flexíveis
Observações	Outros modelos sob consulta



[Volta para o menu de escolha](#)

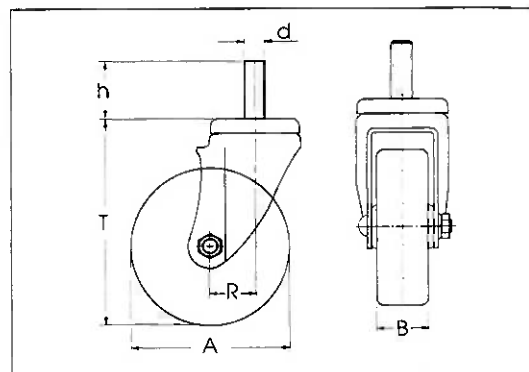
[Nossos Produtos](#) | [Filiais/Representantes](#) | [Distribuidores](#) | [Lançamentos](#) | [Fale Conosco](#)

Para definir o rodízio adequado, que suporte a carga aplicada mantendo a facilidade de giro e a mobilidade desejada, é necessário conhecer bem sua aplicação. Considere a frequência e a severidade do trabalho a ser executado. Verifique se a tração é manual ou mecanizada, distância a ser percorrida e carga total. Deve-se considerar as sobrecargas, choques provenientes de pisos irregulares, guias rebaixadas, trilhos ou outros obstáculos. Recomendamos também, observar o sistema de fixação e suas medidas, como: dimensões das placas, distâncias e diâmetro dos furos, diâmetro e altura do espigão. As dimensões da roda, raio e altura total também são importantes.



RODÍZIOS COM PLACA

A- Diâmetro da roda  
B - Largura da roda  
d - Diâmetro do furo  
E - Largura da placa  
F - Comprimento da placa  
G - Distância entre furos ( largura)  
H - Distância entre furos ( comprimento)  
R - Raio  
T - Altura total



RODÍZIOS COM ESPIGÃO LISO, ROSQUEADO OU EXPANSOR

A- Diâmetro da roda  
B - Largura da roda  
d - Diâmetro do sistema de fixação  
h - Altura do sistema de fixação  
R - Raio  
T - Altura total

## ACESSÓRIOS

## Novex



FREIO DUPLA AÇÃO

Permite a imobilização da roda e o giro do rodízio. Possui ajuste para compensar o desgaste da roda. Indicado para os rodízios giratórios das séries L, T, H, HE, HP, HL, S, com rodas a partir de 2" de diâmetro. Como especificar: Ex.: GL 414 BI + DA



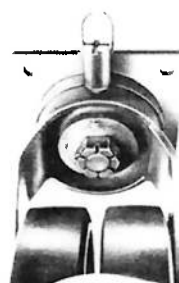
CALOTAS

Evitam a penetração de fios e detritos entre o cubo da roda e o garfo do rodízio. Protegem também os rolamentos. Indicadas para fiações, tecelagens, frigoríficos e refeitórios. Fornecidas nos rodízios giratórios e fixos que utilizam rodas com diâmetro a partir de 3" e até 10".



FREIO BORBOLETA

Bloqueia a roda do rodízio. Para modelos giratórios com rodas de diâmetro 3"x 1.1/4" de largura das séries L, T, H, HE e HL. Como especificar: Ex.: GL 312 C + BO



TRAVA DIRECIONAL

Bloqueia o giro do cabeçote do rodízio em posições diferentes (90° - 180° - 360°). Pode ser fornecida nos rodízios das séries Rax, MPax, Pax e DPax.



FREIO SAPATA

Bloqueia a roda do rodízio. Para as séries M, Rax, MPax, Pax e DPax. Como especificar: Ex.: GM 62 BL + TA

### RODÍZIOS GIRATÓRIOS E FIXOS

Consulte nosso catálogo de  
RODAS E RODÍZIOS SÉRIE  
RODAS TERMOPLÁSTICAS

Rodízio giratório com 2 pistas de esferas, indicados para trabalhos leves, pequenos e médios percursos, piso em bom estado e tração manual. Aplicáveis em todos os tipos de carrinhos e equipamentos leves.

RODA				Alt. T mm	Diâmetro dos furos d mm	RODIZIO GIRATÓRIO				RODIZIO FIXO		
A X B nom. pol. mm	Carga kg	Material	Mancal tipo			Dim. placa e furação mm	Raio R mm	Peso kg	Referência	Dim. placa e furação mm	Peso kg	Referência
2 x 1 50 x 20	60	ferro	f. passante	72	7	E x F 49 x 67 G x H 24 x 52	20	0,40	GL 210	E x F 44 x 90 G x H 22 x 75	0,30	FL 210
	30	borracha						0,30	GL 210 BI		0,20	FL 210 BI
	50	celeron						0,20	GL 210 C		0,20	FL 210 C
3 x 1.1/4 75 x 32	125	ferro	b. nylon	100	*8	E x F	28	0,90	GL 312	E x F 80 x 105 G x H 55,5x79,5	0,70	FL 312
	60	borracha	b. nylon		x	80 x 105		0,70	GL 312 BI		0,50	FL 312 BI
	60	borracha	r. roletes		16	55,5x79,5		0,70	GL 312 BIL		0,50	FL 312 BIL
	100	celeron	f. passante					0,60	GL 312 C		0,40	FL 312 C
	125	poliuret.	b. nylon					0,90	GL 312 U		0,70	FL 312 U
4 x 1.1/2 100 x 38	175	ferro	b. nylon	132	*11	E x F 100 x 127	45	1,70	GL 414	E x F 100 x 127	1,50	FL 414
	100	borracha	b. nylon	132				1,30	GL 414 BI		1,10	FL 414 BI
	100	borracha	r. roletes	132				1,30	GL 414 BIL		1,10	FL 414 BIL
	125	celeron	f. passante	132				1,10	GL 414 C		1,00	FL 414 C
	175	poliuret.	b. nylon	130				1,60	GL 414 U		1,40	FL 414 U
	175	poliuret.	r. roletes	132				1,60	GL 414 UL		1,40	FL 414 UL
	175	poliuret.	r. esferas	132				1,60	GL 414 US		1,40	FL 414 US
5 x 1.1/2 125 x 38	200	ferro	b. nylon	153	19	G x H 72 x 95	45	2,10	GL 514	G x H 72 x 95	1,90	FL 514
	125	borracha	b. nylon	153				1,50	GL 514 BI		1,30	FL 514 BI
	125	borracha	r. roletes	153				1,50	GL 514 BIL		1,30	FL 514 BIL
	150	celeron	f. passante	153				1,40	GL 514 C		1,20	FL 514 C
	200	poliuret.	b. nylon	150				2,00	GL 514 U		1,80	FL 514 U
	200	poliuret.	r. roletes	150				2,10	GL 514 UL		1,90	FL 514 UL
6 x 1.1/2 150 x 38	150	borracha	b. nylon	179	19		45	1,80	GL 614 BI	G x H 72 x 95	1,60	FL 614 BI
	150	borracha	r. roletes					1,80	GL 614 BIL		1,70	FL 614 BIL
	225	poliuret.	r. roletes					2,60	GL 614 UL		2,50	FL 614 UL

\* Furos oblongos

Obs.: Os rodízios 312, 414, 514 e 614 também podem ser fornecidos com rodas de borracha com núcleo de ferro fundido.

### RODÍZIOS GIRATÓRIOS E FIXOS

Consulte nosso catálogo de  
RODAS E RODÍZIOS SÉRIE  
RODAS TERMOPLÁSTICAS

Indicados para carrinhos que operam em supermercados, hospitais, restaurantes, lojas e indústrias, onde o piso é bom e as condições de trabalho são regulares.

RODA				Espigão d x h Rosca NC	Alt. T mm	RODÍZIO GIRATÓRIO			RODÍZIO FIXO	
A X B nom. pol. mm	Carga kg	Material	Mancal tipo			Raio R mm	Peso kg	Referência	Peso kg	Referência
2 x 1 50 x 20	60	ferro	f. passante	3/8" x *22±1	68	20	0,35	GH 210		FH 210
	30	borracha					0,20	GH 210 BI		FH 210 BI
	50	celeron					0,20	GH 210 C		FH 210 C
3 x 1 75 x 22	40	borracha			96	25	0,40	GH 310 BI		
3 x 1.1/4 75 x 32	125	ferro	b. nylon	1/2" x *24±1	100	28	0,90	GH 312		FH 312
	60	borracha	b. nylon				0,65	GH 312 BI		FH 312 BI
	60	borracha	r. roletes				0,80	GH 312 BIL		FH 312 BIL
	100	celeron	f. passante				0,55	GH 312 C		FH 312 C
	125	poliuret.	b. nylon				0,80	GH 312 U		FH 312 U
4 x 1.1/4 100 x 32	60	borracha	b. nylon		131	33	0,90	GH 412 E	0,80	FH 412 E
	90	borracha	b. nylon				0,90	GH 412 BI	0,80	FH 412 BI
	90	borracha	r. roletes				0,90	GH 412 BIL	0,80	FH 412 BIL
4 x 1.1/2 100 x 38	100	borracha	b. nylon		128	33	1,00	GH 414 BI	0,90	FH 414 BI
	100	borracha	r. roletes				1,00	GH 414 BIL	0,90	FH 414 BIL
5 x 1.1/4 125 x 32	70	borracha	b. nylon		157	36	1,10	GH 512 E	1,00	FH 512 E
	110	borracha	b. nylon				1,10	GH 512 BI	1,10	FH 512 BI
	110	borracha	r. roletes				1,20	GH 512 BIL	1,10	FH 512 BIL
5 x 1.1/2 125 x 38	125	borracha	b. nylon		155	38	1,20	GH 514 BI	1,10	FH 514 BI
	125	borracha	r. roletes				1,30	GH 514 BIL	1,20	FH 514 BIL
	80	borracha	b. nylon		175	49	1,30	GH 612 E	1,20	FH 612 E
6 x 1.1/4 150 x 32	125	borracha	b. nylon				1,30	GH 612 BI	1,20	FH 612 BI
	125	borracha	r. roletes				1,30	GH 612 BIL	1,20	FH 612 BIL
6 x 1.1/2 150 x 38	125	borracha	b. nylon		170	51	1,50	GH 614 BI	1,40	FH 614 BI
	125	borracha	r. roletes				1,50	GH 614 BIL	1,40	FH 614 BIL

\* Altura do espigão (h) em milímetros.

Obs.: Espigões opcionais para rodízios giratórios e fixos 210: Altura h=41mm

Espigões opcionais para rodízios giratórios e fixos 312: Altura h=37mm

Como especificar: Mencionar a altura do espigão opcional após a referência do rodízio.

Ex.: GH 312 BI - Espigão Altura 37mm

Obs.: Os rodízios 312, 414, 514 e 614 também podem ser fornecidos com rodas de borracha com núcleo de ferro fundido.